

EXPRESS MAIL NO. EV 327 133 595 US

DATE OF DEPOSIT 10/3/03

Our File No. 9281-4656

Client No. N US02068

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:)
Hisayuki Yazawa)
Serial No. To be Assigned)
Filing Date: Herewith)
For Magnetic Head Having an Fe-Ni-X Layer)

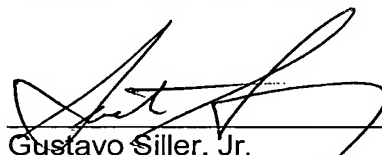
SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENT

Mail Stop Patent Application
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

Transmitted herewith is a certified copy of priority document Japanese Patent Application No. 2002-300382 filed October 15, 2002 for the above-named U.S. application.

Respectfully submitted,



Gustavo Siller, Jr.
Registration No. 32,305
Attorney for Applicant

BRINKS HOFER GILSON & LIONE
P.O. BOX 10395
CHICAGO, ILLINOIS 60610
(312) 321-4200

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2002年10月15日

出願番号
Application Number: 特願2002-300382
[ST. 10/C]: [JP2002-300382]

出願人
Applicant(s): アルプス電気株式会社

2003年 8月14日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2003-3065831

【書類名】 特許願

【整理番号】 021131AL

【提出日】 平成14年10月15日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01F 10/14
G11B 5/31

【発明の名称】 磁気ヘッド

【請求項の数】 14

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプス電気株式会社
社内

【氏名】 矢澤 久幸

【特許出願人】

【識別番号】 000010098

【氏名又は名称】 アルプス電気株式会社

【代表者】 片岡 政隆

【代理人】

【識別番号】 100085453

【弁理士】

【氏名又は名称】 野▲崎▼ 照夫

【選任した代理人】

【識別番号】 100121049

【弁理士】

【氏名又は名称】 三輪 正義

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 041070

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1



【物件名】	図面 1
【物件名】	要約書 1
【プルーフの要否】	要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気ヘッド

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 下部コア層および上部コア層と、前記下部コア層と上部コア層との間に位置する非磁性のギャップ層と、前記下部コア層と上部コア層との磁気的な接合部の周囲に形成されて前記両コア層に磁界を誘導するコイル層とを有する磁気ヘッドにおいて、

前記上部コア層は、FeNiX合金（ただしX元素はReまたはMo）で形成されて、下部コア側に向けられる下面およびこれと逆側の上面とを有し、且つ前記下面および前記上面が記録媒体との対向側から素子奥方向に向けて下部コア層から徐々に離れるように隆起する立ち上がり部及び前記下面と前記上面とが前記下部コア層と平行な面となるコア先部を有しており、

前記上部コア層の前記コア先部及び前記立ち上がり部において、前記下面に対する法線に沿う方向での前記下面から前記上面までの厚み寸法を二分した箇所を膜厚中心とし、上部コア層の（Feの質量%濃度－X元素の質量%濃度）を濃度差としたときに、

前記コア先部又は立ち上がり部内の任意の前方位置での膜厚中心よりも、同じく前記前方位置よりも奥側に位置する任意の後方位置での膜厚中心の方が、前記濃度差が小さいことを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項 2】 前記前方位置は記録媒体との対向側の先端面であり、前記後方位置は、前記上面が下部コア層から最も離れる頭頂部である請求項 1 記載の磁気ヘッド。

【請求項 3】 膜厚中心を前記対向側から前記奥側へ向けて結んだ線を中心線としたときに、前記中心線での前記濃度差は、前記前方位置から前記後方位置へ向けて徐々に変化している請求項 1 または 2 記載の磁気ヘッド。

【請求項 4】 前記上部コア層のFeの質量%濃度は、前記コア先部又は立ち上がり部内の任意の前方位置での膜厚中心よりも、前記後方位置での膜厚中心の方が小さい請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の磁気ヘッド。

【請求項 5】 膜厚中心を前記対向側から前記奥側へ向けて結んだ線を中心

線としたときに、前記中心線での Fe の質量%濃度は、前記前方位置から前記後方位置へ向けて徐々に変化している請求項 4 に記載の磁気ヘッド。

【請求項 6】 前記上部コア層の X 元素の質量%濃度は、前記コア先部又は立ち上がり部内の任意の前方位置での膜厚中心よりも、前記後方位置での膜厚中心の方が大きい請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の磁気ヘッド。

【請求項 7】 膜厚中心を前記対向側から前記奥側へ向けて結んだ線を中心線としたときに、前記中心線での X 元素の質量%濃度は、前記前方位置から前記後方位置へ向けて徐々に変化している請求項 6 に記載の磁気ヘッド。

【請求項 8】 前記上部コア層の飽和磁束密度 B_s は、前記コア先部又は立ち上がり部内の任意の前方位置での膜厚中心よりも、前記後方位置での膜厚中心の方が小さい磁気ヘッド請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載の磁気ヘッド。

【請求項 9】 前記上部コア層の比抵抗 ρ は、前記コア先部又は立ち上がり部内の任意の前方位置での膜厚中心よりも、前記後方位置での膜厚中心の方が大きい請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の磁気ヘッド。

【請求項 10】 下部コア層および上部コア層と、前記下部コア層と上部コア層との間に位置する非磁性のギャップ層と、前記下部コア層と上部コア層との磁気的な接合部の周囲に形成されて前記両コア層に磁界を誘導するコイル層とを有する磁気ヘッドにおいて、

前記上部コア層は、FeNiX 合金（ただし X 元素は Re または Mo）で形成されて、下部コア側に向けられる下面およびこれと逆側の上面とを有し、且つ前記下面および前記上面が記録媒体との対向側から素子奥方向に向けて下部コア層から徐々に離れるように隆起する立ち上がり部及び前記下面と前記上面とが前記下部コア層と平行な面となるコア先部を有しており、

前記コア先部内または前記立ち上がり部内での任意の位置を下方位置、同じくコア先部内または前記立ち上がり部内での前記下方位置よりも上面に近い任意の位置を上方位置としたときに、（Fe の質量%濃度 - X 元素の質量%濃度）の濃度差は、前記下方位置よりも上方位置の方が小さいことを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項 11】 前記下方位置が前記下面であり、上方位置が前記上面であ

る請求項 10 記載の磁気ヘッド。

【請求項 12】 前記コア先部内または前記立ち上がり部内では前記下方位置から前記上方位置に向けて、前記濃度差が徐々に変化している請求項 10 または 11 記載の磁気ヘッド。

【請求項 13】 前記上部コア層の前記上面が下部コア層から最も離れる頭頂部における膜厚が、前記上部コア層の記録媒体との対向側の先端面における膜厚より小さい請求項 1 ないし 12 のいずれかに記載の磁気ヘッド。

【請求項 14】 記録媒体との対向側では、前記上部コア層の下面と前記非磁性ギャップ層との間と、前記非磁性ギャップ層と前記下部コア層との間の、少なくとも一方に、前記上部コア層よりも幅寸法が小さく規制された磁極層が設けられている請求項 1 ないし 13 のいずれかに記載の磁気ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、磁気記録媒体に磁界を与えて記録を行う磁気ヘッドに係り、特に、記録信号の高周波化及び記録トラックの狭小化を促進することができる磁気ヘッドに関する。

【0002】

【従来の技術】

図 19 は従来の磁気ヘッドの縦断面図である。この磁気ヘッドは、信号電流が供給されたコイル層から発生した磁界を磁性材料からなる上部コア層及び下部コアに誘導し、上部コア層と下部コア層の間に形成された非磁性のギャップ層付近から洩れ磁界を発生させるインダクティブヘッドである。

【0003】

図 19 に示される磁気ヘッドでは、下部コア層 10 上には、非磁性材料からなる G d 決め層 11 が形成され、記録媒体との対向面から G d 決め層 11 上にかけて磁極部 12 が形成されている。

【0004】

磁極部 12 は下から下部磁極層 13、非磁性のギャップ層 14、及び上部磁極

層 15 が積層されているものである。なお、磁極部 12 はトラック幅方向（図示 X 方向）における幅寸法がトラック幅 T_w で形成されている。

【0005】

磁極部 12 のトラック幅方向（図示 X 方向）の両側及びハイト方向後方（図示 Y 方向）には絶縁層 16 が形成されている。絶縁層 16 の上面は磁極部 12 の上面と同一平面とされる。

【0006】

図 19 に示すように、絶縁層 16 上にはコイル層 17 が螺旋状にパターン形成されている。またコイル層 17 は有機絶縁材料製の絶縁層 18 によって覆われている。

【0007】

磁極部 12 上から絶縁層 18 上にかけて上部コア層 19 が形成されている。また、上部コア層 19 の基端部 19a は、下部コア層 10 上に形成された磁性材料製の接続層（バックギャップ層）上に直接接続されている。なお、図 19 に示される従来の磁気ヘッドでは、上部コア層の先端面の膜厚 t_1 より頭頂部の膜厚 t_2 の方が厚くなっている。

【0008】

図 19 に示される磁気ヘッドでは、コイル層 17 を覆う絶縁層 18 の記録媒体との対向側には傾斜面 18a が形成されている。上部コア層 19 は、磁極部 12 上から絶縁層 18 の傾斜面 18a 上に形成されてヨーク形状をなしている。

【0009】

インダクティブヘッドの高記録密度化対応を進めるために必要なオーバーライト特性（OW 特性）を向上させるためには、コイル層から発生した磁界が流れる上部コア層 19、上部磁極層 15、下部磁極層 13、下部コア層 10、及びバックギャップ層 20 の飽和磁束密度が高いことが好ましい。

【0010】

また、線記録密度を向上させるために、インダクティブヘッドに供給する記録信号の周波数を高くしていくことも求められている。しかし、記録信号の周波数を高くすると、上部コア層 19 や下部コア層 10 などに発生する渦電流が増大し

、いわゆる渦電流損失が大きくなるという問題が生じる。

【0011】

ここで、下部コア層10と上部コア層19は、NiFe合金によって形成されている。渦電流損失を低減させるために、上部コア層19や下部コア層10の材料に比抵抗の高い磁性材料であるFeNiMoを使うことも提案されている（特許文献1、2、3）。

【0012】

また、上部コア層19及び下部コア層10を高比抵抗、低飽和磁束密度である磁性材料からなる層と、高飽和磁束密度、低比抵抗である磁性材料からなる層の積層構造とすることも考えられている（特許文献4）。

【0013】

【特許文献1】

特開平8-212512号公報（第11-12頁、第16-18図）

【特許文献2】

特開平9-63016号公報（第5-6頁、第5図）

【特許文献3】

特開2000-235911号公報（第3-4頁、第1図）

【特許文献4】

特開2000-76315号公報（第8-9頁、第1図）

【0014】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、単純に上部コア層19全体を比抵抗の高い磁性材料を用いて形成すると、磁性材料の磁性を担う元素（たとえばFe）の比率が低減することになり、上部コア層19が十分な飽和磁束密度を保持しにくくなる。

【0015】

また、上部コア層19及び下部コア層10を高比抵抗、低飽和磁束密度である磁性材料からなる層と、高飽和磁束密度、低比抵抗である磁性材料からなる層の積層構造にすると、積層界面で磁束の乱れが生じやすくなる。

【0016】

本発明は、上記従来課題を解決するためのものであり、上部コア層のギャップ層に近い領域で飽和磁束密度を高くし、ギャップ層から離れた領域で比抵抗を高くすることによって、オーバーライト特性の低下を防ぎつつ、記録信号の高周波化対応を促進することのできる磁気ヘッドを提供することを目的としている。

【0017】

【課題を解決するための手段】

本発明は、下部コア層および上部コア層と、前記下部コア層と上部コア層との間に位置する非磁性のギャップ層と、前記下部コア層と上部コア層との磁気的な接合部の周囲に形成されて前記両コア層に磁界を誘導するコイル層とを有する磁気ヘッドにおいて、

前記上部コア層は、FeNiX合金（ただしX元素はReまたはMo）で形成されて、下部コア側に向けられる下面およびこれと逆側の上面とを有し、且つ前記下面および前記上面が記録媒体との対向側から素子奥方向に向けて下部コア層から徐々に離れるように隆起する立ち上がり部及び前記下面と前記上面とが前記下部コア層と平行な面となるコア先部を有しており、

前記上部コア層の前記コア先部及び前記立ち上がり部において、前記下面に対する法線に沿う方向での前記下面から前記上面までの厚み寸法を二分した箇所を膜厚中心とし、上部コア層の（Feの質量%濃度－X元素の質量%濃度）を濃度差としたときに、

前記コア先部又は立ち上がり部内の任意の前方位置での膜厚中心よりも、同じく前記前方位置よりも奥側に位置する任意の後方位置での膜厚中心の方が、前記濃度差が小さいことを特徴とするものである。

【0018】

本発明では、前記上部コア層の（Feの質量%濃度－X元素の質量%濃度）の値（濃度差）が、前記コア先部又は立ち上がり部内の任意の前方位置での膜厚中心よりも、同じく前記前方位置よりも奥側に位置する任意の後方位置での膜厚中心の方で小さくなっている。

【0019】

前記FeNiX合金において、Fe元素はその3d電子に由来する磁性元素で

あり、合金中の Fe 元素の組成比率が高くなると飽和磁束密度 B_s が大きくなる。また、前記 FeNiX 合金中の X 元素 (Re 元素や Mo 元素) の組成比率が高くなると、比抵抗 ρ が高くなる。

【0020】

従って、前記 FeNiX 合金の (Fe の質量%濃度 - X 元素の質量%濃度) の値が大きくなると、前記 FeNiX 合金中の Fe 元素の組成比率が高くなって、飽和磁束密度 B_s が大きくなる。一方、前記 FeNiX 合金の (Fe の質量%濃度 - X 元素の質量%濃度) の値が小さくなると、前記 FeNiX 合金中の X 元素の組成比率が高くなって、比抵抗 ρ が大きくなり、飽和磁束密度 B_s が小さくなる。

【0021】

すなわち、本発明の磁気ヘッドでは、前記上部コア層の飽和磁束密度 B_s を、前記コア先部又は立ち上がり部内の任意の前方位置での膜厚中心よりも、前記後方位置での膜厚中心の方で小さくすることができる。また、前記上部コア層の比抵抗 ρ を、前記前方位置での膜厚中心よりも、前記後方位置での膜厚中心の方で大きくすることができる。

【0022】

しかも、本発明では、前記上部コア層が単層構造であっても、上部コア層を形成している前記 FeNiX 合金の (Fe の質量%濃度 - X 元素の質量%濃度) の値を上部コア層の内部で変化させることができる。従って、前記上部コア層が、異なる磁性材料からなる複数の磁性層からなるもののよう、積層界面で磁束の流れが乱れることがない。

【0023】

本発明のように、前記上部コア層の内部で前記 FeNiX 合金の組成比を変化させることができるのは、前記上部コア層に前記立ち上がり部が形成されることが重要な要因の一つである。

【0024】

どのような機構によって、本発明における前記上部コアを形成することができるのかについては、後程詳しく説明する。

【0025】

なお、前記前方位置とは、例えば記録媒体との対向側の先端面であり、前記後方位置とは、例えば前記上面が下部コア層から最も離れる頭頂部である。

【0026】

また、膜厚中心を前記対向側から前記奥側へ向けて結んだ線を中心線としたときに、前記中心線での前記濃度差は、前記前方位置から前記後方位置へ向けて徐々に変化していることが好ましい。

【0027】

これによって、前記上部コア層の飽和磁束密度が、前記前方位置の方に近づくにつれて連続的に増加するようにできる。

【0028】

さらに、前記上部コア層のFeの質量%濃度を、前記コア先部又は立ち上がり部内の任意の前方位置での膜厚中心よりも、前記後方位置での膜厚中心の方が小さくなるようにすることによって、前記上部コア層の前記前方位置における飽和磁束密度Bsの絶対値を大きくすることができる。

【0029】

なお、膜厚中心を前記対向側から前記奥側へ向けて結んだ線を中心線としたときに、前記中心線でのFeの質量%濃度は、前記前方位置から前記後方位置へ向けて徐々に変化していることが好ましい。

【0030】

また、前記上部コア層の前記X元素の質量%濃度は、前記コア先部又は立ち上がり部内の任意の前方位置での膜厚中心よりも、前記後方位置での膜厚中心の方が大きいことが好ましい。

【0031】

前記FeNiX合金のX元素の質量%濃度が前記前方位置より前記後方位置の方で大きくなることによって、前記上部コア層の前記前方位置における飽和磁束密度Bsを大きくすることができる。また、前記中心線での前記X元素の質量%濃度が、前記前方位置から前記後方位置へ向けて徐々に変化していることが好ましい。

【0032】

また、本発明は、下部コア層および上部コア層と、前記下部コア層と上部コア層との間に位置する非磁性のギャップ層と、前記下部コア層と上部コア層との磁気的な接合部の周囲に形成されて前記両コア層に磁界を誘導するコイル層とを有する磁気ヘッドにおいて、

前記上部コア層は、FeNiX合金（ただしX元素はReまたはMo）で形成されて、下部コア層側に向けられる下面およびこれと逆側の上面とを有し、且つ前記下面および前記上面が記録媒体との対向側から素子奥方向に向けて下部コア層から徐々に離れるように隆起する立ち上がり部及び前記下面と前記上面とが前記下部コア層と平行な面となるコア先部を有しており、

前記コア先部内または前記立ち上がり部内での任意の位置を下方位置、同じくコア先部内または前記立ち上がり部内での前記下方位置よりも上面に近い任意の位置を上方位置としたときに、（Feの質量%濃度－X元素の質量%濃度）の濃度差は、前記下方位置よりも上方位置の方が小さいことを特徴とするものである。

【0033】

本発明では、前記下方位置で、前記FeNiX合金中のFe元素の組成比率が高くなって、飽和磁束密度 B_s が大きくなる。一方、前記上方位置で、前記FeNiX合金中のX元素の組成比率が高くなって、比抵抗 ρ が大きくなり、飽和磁束密度 B_s が小さくなる。

【0034】

従って、本発明の磁気ヘッドの前記上部コア層は、前記コイル層に近い下面部分、すなわち最短磁路経路の部分の飽和磁束密度 B_s が高くなっており、これによって、本発明では、オーバーライト特性を向上させることができる。そして、上部コア層上面で比抵抗 ρ を大きくして記録信号の高周波化対応を促進することが可能になっている。

【0035】

なお、前記下方位置とは例えば前記上部コア層の前記下面であり、前記上方位置とは例えば前記上部コア層の前記上面である。

【0036】

また、本発明では、前記コア先部内または前記立ち上がり部内では前記下方位置から前記上方位置に向けて、前記濃度差が徐々に変化していることが好ましい。つまり、前記上部コア層が単層構造であっても、上部コア層を形成している前記FeNiX合金の（Feの質量%濃度－X元素の質量%濃度）の値を上部コア層の内部で変化させることができる。従って、前記上部コア層が、異なる磁性材料からなる複数の磁性層からなるもののよう、積層界面で磁束の流れが乱れることがない。

【0037】

また、本発明では、前記上部コア層の前記上面が下部コア層から最も離れる頭頂部における膜厚が、前記上部コア層の記録媒体との対向側の先端面における膜厚より小さいことが好ましい。

【0038】

上部コア層の渦電流損失を低減するためには、前述した前記上部コア層の材料の比抵抗を大きくするという手法の他に、前記上部コア層の体積を小さくするという手法を用いることができる。

【0039】

前記上部コア層の体積を小さくするためには、前記上部コア層の膜厚を小さくすればよい。しかし、単純に前記上部コア層全体の膜厚を小さくすると、上部コア内部の磁束の流れが妨げられ、記録特性が低下する。そこで、本発明では、前記上部コア層の前記頭頂部の膜厚を薄くして抵抗値を大きくし、記録特性に大きな影響を及ぼす前記先端面付近の膜厚は小さくならないようにしている。

【0040】

前記上部コア層の前記頭頂部のトラック幅寸法は、前記接合面上の上部コア層のトラック幅方向寸法より大きくなっており、体積が大きくなっている。従って、前記上部コア層の前記頭頂部の膜厚を、前記上部コア層の先端部における膜厚より小さくすると、効果的に上部コア層の抵抗値を大きくすることができるので好ましい。

【0041】

なお、本発明は記録媒体との対向側で、前記上部コア層の下面と前記非磁性ギャップ層との間と、前記非磁性ギャップ層と前記下部コア層との間の、少なくとも一方に、前記上部コア層よりも幅寸法が小さく規制された磁極層が設けられている磁気ヘッドにも適用できる。

【0042】

【発明の実施の形態】

図1は、本発明の第1実施形態の磁気ヘッドの部分正面図、図2は図1に示す磁気ヘッドを2-2線から切断し矢印方向から見た縦断面図である。

【0043】

なお、図2には、浮上式ヘッドを構成するセラミック材のスライダ21のトレーリング側端面21a上に形成されたMRヘッドh1と、書込み用のインダクティブヘッドh2とが積層された、MR/インダクティブ複合型薄膜磁気ヘッド（以下、単に磁気ヘッドという）が示されているが、図1では、MRヘッドh1の図示を省略している。

【0044】

図2に示すように、スライダ21のトレーリング側端面21a上に Al_2O_3 膜22を介してNiFe等からなる磁性材料製の下部シールド層23が形成され、さらにその上に絶縁材料製の下部ギャップ層24が形成されている。

【0045】

下部ギャップ層24上には記録媒体との対向面からハイト方向（図示Y方向）に向けて、異方性磁気抵抗効果（AMR）素子、巨大磁気抵抗効果（GMR）素子あるいはトンネル型磁気抵抗効果（TMR）素子などの磁気抵抗効果素子25が形成され、さらに磁気抵抗効果素子25及び下部ギャップ層24上には絶縁材料製の上部ギャップ層26が形成されている。さらに上部ギャップ層26の上にNiFe等の磁性材料で形成された上部シールド層27が形成されている。MRヘッドh1は、下部シールド層23から上部シールド層27までの積層膜で構成されている。

【0046】

上部シールド層27上には、 Al_2O_3 などからなる分離層28を介して、イン

ダクティブヘッド h 2 の下部コア層 30 が積層されている。下部コア層 30 は、NiFe などによって形成される。下部コア層 30 上には、Gd 決め層 31 が形成され、Gd 決め層 31 は例えば絶縁材料などで形成される。

【0047】

また、記録媒体との対向面から Gd 決め層 31 上にかけて、上部コア層よりトラック幅方向寸法が小さい磁極部 32 が形成されている。

【0048】

磁極部 32 は下から下部磁極層 33、非磁性のギャップ層 34、及び上部磁極層 35 が積層されている。

【0049】

下部磁極層 33 は、下部コア層 30 上に直接メッキ形成されている。また下部磁極層 33 の上に形成されたギャップ層 34 は、メッキ形成可能な非磁性金属材料で形成されていることが好ましい。具体的には、NiP、NiPd、NiW、NiMo、Au、Pt、Rh、Pd、Ru、Cr のうち 1 種または 2 種以上から選択されたものであることが好ましい。ギャップ層 34 がメッキ形成可能な非磁性金属材料で形成されると、下部磁極層 33、ギャップ層 34 及び上部磁極層 35 を連続メッキ形成することが可能である。

【0050】

なお本発明における具体的な実施形態としてギャップ層 34 には NiP が使用される。NiP でギャップ層 34 を形成することでギャップ層 34 を適切に非磁性状態にできるからである。

【0051】

さらにギャップ層 34 の上に形成された上部磁極層 35 は、その上に形成される上部コア層 36 と磁氣的に接続される。

【0052】

上部磁極層 35 とギャップ層 34 の接合面 S のハイト方向長さ寸法（接合面 S の記録媒体との対向側から Gd 決め層 31 までの長さ寸法）で、ギャップデプス（Gd）が規制される。

【0053】

なお磁極部 32 は、ギャップ層 34 及び上部磁極層 35 の 2 層で構成されていてもよい。

【0054】

磁極部 32 のトラック幅方向（図示 X 方向）の両側及びハイト方向後方（図示 Y 方向）には Al_2O_3 や SiO_2 などの無機材料からなる絶縁層 37（絶縁層 37a 及び絶縁層 37b からなる）が形成されている。絶縁層 37 の上面は磁極部 32 の上面と同一平面とされる。

【0055】

図 2 に示すように、絶縁層 37 の内部及び絶縁層 37 上に、コイル層 38 が 2 層構造となるようにパターン形成されている。またコイル層 38 の上層は有機絶縁材料製の絶縁層 39 によって覆われている。

【0056】

磁極部 32 上から絶縁層 39 上にかけて上部コア層 36 が例えばフレームメッキ法によりパターン形成されている。

【0057】

上部コア層 36 の基端部 36b は、下部コア層 30 上に形成された、NiFe などの磁性材料製の接続層（バックギャップ層）40 上に直接接続されている。

【0058】

図 1 に示すように、磁極部 32 はトラック幅方向（図示 X 方向）における幅寸法がトラック幅 T_w で形成されている。

【0059】

また、上部コア層 36 の記録媒体との対向側の先端面 36a はトラック幅方向寸法が W_1 で形成され、かかる幅寸法 W_1 はトラック幅 T_w よりも大きく形成されている。

【0060】

また下部コア層 30 の上面 30a は図 1 に示すように、磁極部 32 の基端からトラック幅方向（図示 X 方向）に離れるにしたがって下面方向に傾く傾斜面で形成されており、これによりサイドフリンジングの発生を抑制することが可能である。

【0061】

また、上部コア層 36 の先端面 36 a は、記録媒体との対向面よりハイト方向後方（図示 Y 方向）に後退している。すなわち、図 1 において、記録媒体との対向面に現れているのは、下部コア層 30 と磁極部 32 であり、上部コア層 36 の先端面 36 a は露出しない。

【0062】

図 3 は、図 1 及び図 2 に示された磁気ヘッドの上部コア層 36、磁極部 32 を図示上方（Z 方向と逆方向）からみた平面図である。

【0063】

上部コア層 36 は、前方部 A と中間部 B と後方部 C に分けることができる。後方部 C は、そのトラック幅方向寸法 W2 が、先端面 36 a のトラック幅方向寸法 W1 より大きくなっている。中間部 B のトラック幅方向寸法は前方部 A に近づくにつれて徐々に小さくなって、トラック幅方向寸法が W1 である前方部 A につながっている。

【0064】

図 2 に示されるように、本実施の形態では、上部コア層 36 は、下部コア層 30 側に向けられる下面 36 e およびこれと逆側の上面 36 f とを有し、且つ下面 36 e および上面 36 f が記録媒体との対向側から素子奥方向（図示 Y 方向）に向けて下部コア層 30 から徐々に離れるように隆起する立ち上がり部 36 g 及び下面 36 e と上面 36 f とが下部コア層 30 と平行な面となるコア先部 36 c を有しており、上部コア層 36 はヨーク形状をなす。

【0065】

図 2 では、中間部 B が傾斜面 39 a 上に積層されて立ち上がり部 36 g となっている。ただし、前方部 A の一部や後方部 C の一部が傾斜面 39 a 上に積層されて、立ち上がり部 36 g となってもよい。

【0066】

なお、上部磁極層 35 は、NiFe や CoFe などによって形成される。特に、上部コア層 36 よりも高い飽和磁束密度を有する材料の単層、あるいは、ギャップ層 34 側に飽和磁束密度のより高い材料からなる層が積層される 2 層以上の

構造であることが好ましい。

【0067】

下部磁極層 33 も、上部磁極層 35 と同様に、NiFe や CoFe などによって形成される。特に、下部コア層 30 よりも高い飽和磁束密度を有する材料の単層、あるいは、ギャップ層 34 側に飽和磁束密度のより高い材料からなる層が積層される 2 層以上の構造であることが好ましい。

【0068】

本発明では、上部コア層 36 は FeNiX 合金（ただし X 元素は Re または Mo）によって形成されている。

【0069】

上部コア層 36 のコア先部 36c 及び立ち上がり部 36g において、下面 36e に対する法線 N に沿う方向での下面 36e から上面 36f までの厚み寸法を二分した箇所を膜厚中心 t_c とし、上部コア層 36 の（Fe の質量%濃度－X 元素の質量%濃度）を濃度差としたときに、コア先部 36c 又は立ち上がり部 36g 内の任意の前方位置での膜厚中心 t_c よりも、同じく前方位置よりも奥側に位置する任意の後方位置での膜厚中心 t_c の方が、濃度差が小さくなっている。なお、前方とは記録媒体との対向側に向かう方向（図示 Y 方向と逆方向）のことであり、後方とは素子奥方向（図示 Y 方向）である。

【0070】

FeNiX 合金において、Fe 元素はその 3d 電子に由来する磁性元素であり、合金中の Fe 元素の組成比率が高くなると飽和磁束密度 B_s が大きくなる。また、FeNiX 合金中の X 元素（Re 元素や Mo 元素）の組成比率が高くなると、比抵抗 ρ が高くなる。

【0071】

従って、FeNiX 合金の（Fe の質量%濃度－X 元素の質量%濃度）の値が大きくなると、FeNiX 合金中の Fe 元素の組成比率が高くなって、飽和磁束密度 B_s が大きくなる。一方、FeNiX 合金の（Fe の質量%濃度－X 元素の質量%濃度）の値が小さくなると、FeNiX 合金中の X 元素の組成比率が高くなって、比抵抗 ρ が大きくなり、飽和磁束密度 B_s が小さくなる。

【0072】

すなわち、本発明の磁気ヘッドでは、上部コア層36の飽和磁束密度 B_s を、コア先部36c又は立ち上がり部36g内の任意の前方位置での膜厚中心 t_c よりも、後方位置での膜厚中心 t_c の方で小さくすることができる。また、上部コア層36の比抵抗 ρ を、前方位置での膜厚中心 t_c よりも、後方位置での膜厚中心 t_c の方で大きくすることができる。

【0073】

しかも、本発明では、上部コア層36が単層構造であっても、上部コア層36を形成しているFeNiX合金の（Feの質量%濃度－X元素の質量%濃度）の値を上部コア層36の内部で変化させることができる。従って、上部コア層36が、異なる磁性材料からなる複数の磁性層からなるもののよう、積層界面で磁束の流れが乱れることがない。

【0074】

本発明のように、上部コア層36の内部でFeNiX合金の組成比を変化させることができるのは、上部コア層36に下面36eおよび上面36fが記録媒体との対向側から素子奥方向に向けて下部コア層30から徐々に離れるように隆起する立ち上がり部36gを有していることが重要な要因の一つである。

【0075】

どのような機構によって、本発明における上部コアを形成することができるのかについては、後程詳しく説明する。

【0076】

なお、前方位置とは、例えば記録媒体との対向側の先端面36aであり、後方位置とは、例えば上面36fが下部コア層30から最も離れる頭頂部36dである。

【0077】

また、膜厚中心 t_c を対向側から奥側へ向けて結んだ線を中心線としたときに、中心線での前記濃度差は、前方位置から後方位置へ向けて徐々に変化していることが好ましい。

【0078】

これによって、上部コア層 36 の飽和磁束密度 B_s が、前方位置の方に近づくにつれて連続的に増加するようにできる。

【0079】

さらに、上部コア層 36 の Fe の質量%濃度を、コア先部 36 c 又は立ち上がり部 36 g 内の任意の前方位置での膜厚中心 t_c よりも、後方位置での膜厚中心 t_c の方で小さくなるようにすることによって、上部コア層 36 の前方位置における飽和磁束密度 B_s の絶対値を大きくすることができる。

【0080】

なお、膜厚中心 t_c を対向側から奥側へ向けて結んだ線を中心線としたときに、中心線での Fe の質量%濃度は、前方位置から後方位置へ向けて徐々に変化していることが好ましい。

【0081】

また、上部コア層 36 の X 元素の質量%濃度は、コア先部 36 c 又は立ち上がり部 36 g 内の任意の前方位置での膜厚中心 t_c よりも、後方位置での膜厚中心 t_c の方が大きいことが好ましい。

【0082】

FeNiX 合金の X 元素の質量%濃度が前方位置より後方位置の方で大きくなることによって、上部コア層 36 の前方位置における飽和磁束密度 B_s を大きくすることができる。また、中心線での X 元素の質量%濃度が、前方位置から後方位置へ向けて徐々に変化していることが好ましい。

【0083】

なお、コア先部 36 c 内または立ち上がり部 36 g 内での任意の位置を下方位置、同じくコア先部 36 c 内または立ち上がり部 36 g 内での前記下方位置よりも上面 36 f に近い任意の位置を上方位置としたときに、(Fe の質量%濃度 - X 元素の質量%濃度) の濃度差は、前記下方位置よりも前記上方位置の方が小さくなっている。なお、下方とは図示 Z 方向と反対方向であり、上方とは図示 Z 方向である。

【0084】

従って、下方位置では、FeNiX 合金中の Fe 元素の組成比率が高くなって

、飽和磁束密度 B_s が大きくなる。一方、上方位置では、FeNiX合金中のX元素の組成比率が高くなって、比抵抗 ρ が大きくなり、飽和磁束密度 B_s が小さくなる。

【0085】

すなわち上部コア層36は、コイル層に近い下面36e付近、すなわち最短磁路経路の部分の飽和磁束密度 B_s が高くなっており、これによって、磁気ヘッドh2のオーバーライト特性を向上させることができる。そして、上部コア層36上面36f付近で比抵抗 ρ を大きくして記録信号の高周波化対応を促進することが可能になっている。

【0086】

なお、下方位置とは例えば上部コア層36の下面36eであり、上方位置とは例えば上部コア層36の上面36fである。

【0087】

また、コア先部36c内または立ち上がり部36g内で下方位置から上方位置に向けて、(Feの質量%濃度-X元素の質量%濃度)の濃度差を徐々に変化させることもできる。つまり、上部コア層36が単層構造であっても、上部コア層36を形成しているFeNiX合金の(Feの質量%濃度-X元素の質量%濃度)の値を上部コア層36の内部で変化させることができる。従って、上部コア層36が、異なる磁性材料からなる複数の磁性層からなるもののよう、積層界面で磁束の流れが乱れることがない。

【0088】

また、本発明では、上部コア層36の上面36fが下部コア層30から最も離れる頭頂部36dにおける膜厚 t_3 が、上部コア層36の記録媒体との対向側の先端面36aにおける膜厚 t_4 より小さいことが好ましい。

【0089】

上部コア層36の渦電流損失を低減するためには、前述した上部コア層36の材料の比抵抗を大きくするという手法の他に、上部コア層36の体積を小さくするという手法を用いることができる。

【0090】

上部コア層 36 の体積を小さくするためには、上部コア層 36 の膜厚を小さくすればよい。しかし、単純に上部コア層 36 全体の膜厚を小さくすると、上部コア内部の磁束の流れが妨げられ、記録特性が低下する。そこで、本発明では、上部コア層 36 の頭頂部 36 d の膜厚を薄くして抵抗値を大きくし、記録特性に大きな影響を及ぼす先端面 36 a 付近の膜厚は小さくならないようにしている。

【0091】

図 4 は、本発明における第 2 実施形態の磁気ヘッドの構造を示す部分正面図、図 5 は図 4 に示す 4-4 線から磁気ヘッドを切断し矢印方向から見た縦断面図である。図 4 ではインダクティブヘッドのみ示している。この実施形態では、MR ヘッド h 1 の構造は図 2 と同じである。

【0092】

図 4 に示すように下部コア層 50 上には、 Al_2O_3 や SiO_2 からなる絶縁層 51 が形成されている。絶縁層 51 には、記録媒体との対向面からハイト方向（図示 Y 方向）後方に所定の長さ寸法で形成されたトラック幅形成溝 51 a が形成されている。トラック幅形成溝 51 a は記録媒体との対向面においてトラック幅 T_w で形成されている。

【0093】

トラック幅形成溝 51 a には、下から下部磁極層 53、ギャップ層 54、及び上部磁極層 55 が積層された磁極部 52 が形成されている。

【0094】

下部磁極層 53 は、下部コア層 50 上に直接メッキ形成されている。また下部磁極層 53 の上に形成されたギャップ層 54 は、メッキ形成可能な非磁性金属材料で形成されていることが好ましい。具体的には、NiP、NiPd、NiW、NiMo、Au、Pt、Rh、Pd、Ru、Cr のうち 1 種または 2 種以上から選択されたものであることが好ましい。ギャップ層 54 がメッキ形成可能な非磁性金属材料で形成されると、下部磁極層 53、ギャップ層 54 及び上部磁極層 55 を連続メッキ形成することが可能である。

【0095】

なお本発明における具体的な実施形態としてギャップ層 54 には NiP が使用

される。NiPでギャップ層54を形成することでギャップ層54を適切に非磁性状態にできるからである。

【0096】

なお磁極部52は、ギャップ層54及び上部磁極層55の2層で構成されている。

【0097】

図5に示されるように、ギャップ層54の上には、記録媒体との対向面からギャップデプス（Gd）だけ離れた位置から絶縁層51上にかけてGd決め層56が形成されている。上部磁極層55とギャップ層54の接合面S1のハイト方向長さ寸法（接合面S1の記録媒体との対向側からGd決め層56までの長さ寸法）で、ギャップデプス（Gd）が規制される。

【0098】

絶縁層51の上にはコイル層57が螺旋状にパターン形成されている。コイル層57は有機絶縁材料で形成された絶縁層58によって覆われている。

【0099】

上部磁極層55上から絶縁層58上にかけて上部コア層59が積層されている。上部コア層59と上部磁極層55は磁氣的に接続されている。上部コア層59の基端部59bは下部コア層50に接続されている。

【0100】

また、上部コア層59の記録媒体との対向側の先端面59aは、記録媒体との対向面よりハイト方向後方（図示Y方向）に後退している。すなわち、図4において、記録媒体との対向面に現れているのは、下部コア層50と磁極部52であり、上部コア層59の先端面59aは露出しない。

【0101】

なお、図4に示されるように、トラック幅規制溝51aのトラック幅方向（図示X方向）における両側端面には、上部磁極層55の上面から絶縁層51の上面51bにかけて下部コア層50から離れる方向にしたがって徐々に幅寸法が広がる傾斜面51c、51cが形成されている。

【0102】

そして図4に示すように上部コア層59の先端面59aは、上部磁極層55上面から傾斜面51c、51c上にかけて下部コア層50から離れる方向に形成されている。これにより、サイドフリンジングの発生を抑制することができる。

【0103】

上部コア層59は、前方部Aと中間部Bと後方部Cに分けることができる。上部コア層59の平面形状は、図3に示される上部コア層39の平面形状に類似しており、後方部Cのトラック幅方向寸法が、先端面59aのトラック幅方向寸法より大きくなっている。中間部Bのトラック幅方向寸法は前方部Aに近づくにつれて徐々に小さくなって、前方部Aにつながっている。

【0104】

図5に示されるように、本実施の形態では、上部コア層59は、下部コア層30側に向けられる下面59eおよびこれと逆側の上面59fとを有し、且つ下面59eおよび上面59fが記録媒体との対向側から素子奥方向（図示Y方向）に向けて下部コア層30から徐々に離れるように隆起する立ち上がり部59g及び下面59eと上面59fとが下部コア層30と平行な面となるコア先部59cを有しており、上部コア層59はヨーク形状をなす。

【0105】

図5では、中間部Bが傾斜面58a上に積層されて立ち上がり部59gとなっている。ただし、前方部Aの一部や後方部Cの一部が傾斜面39a上に積層されてもよい。

【0106】

なお、上部磁極層55は、NiFeやCoFeなどによって形成される。特に、上部コア層59よりも高い飽和磁束密度を有する材料の単層、あるいは、ギャップ層54側に飽和磁束密度のより高い材料からなる層が積層される2層以上の構造であることが好ましい。

【0107】

下部磁極層53も、上部磁極層55と同様に、NiFeやCoFeなどによって形成される。特に、下部コア層50よりも高い飽和磁束密度を有する材料の単層、あるいは、ギャップ層54側に飽和磁束密度のより高い材料からなる層が積

層される 2 層以上の構造であることが好ましい。

【0108】

本実施の形態でも、上部コア層 59 は FeNiX 合金（ただし X 元素は Re または Mo）によって形成されている。

【0109】

本実施の形態でも、上部コア層 59 の（Fe の質量%濃度－X 元素の質量%濃度）の値（濃度差）が、コア先部 59c 又は立ち上がり部 59g 内の任意の前方位置での膜厚中心 t_c よりも、同じく前方位置よりも奥側に位置する任意の後方位置での膜厚中心 t_c の方が小さくなっている。

【0110】

すなわち、本発明の磁気ヘッドでは、上部コア層 59 の飽和磁束密度 B_s を、コア先部 59c 又は立ち上がり部 59g 内の任意の前方位置での膜厚中心 t_c よりも、後方位置での膜厚中心 t_c の方で小さくすることができる。また、上部コア層 59 の比抵抗 ρ を、前方位置での膜厚中心 t_c よりも、後方位置での膜厚中心 t_c の方で大きくすることができる。

【0111】

しかも、本発明では、上部コア層 59 が単層構造であっても、上部コア層 59 を形成している FeNiX 合金の（Fe の質量%濃度－X 元素の質量%濃度）の値を上部コア層 59 の内部で変化させることができる。従って、上部コア層 59 が、異なる磁性材料からなる複数の磁性層からなるもののよう、積層界面で磁束の流れが乱れることがない。

【0112】

なお、前方位置とは、例えば記録媒体との対向側の先端面 59a であり、後方位置とは、例えば立ち上がり部 59g において上面 59f が下部コア層 30 から最も離れる頭頂部 59d である。

【0113】

さらに、上部コア層 59 の Fe の質量%濃度を、コア先部 59c 又は立ち上がり部 59g 内の任意の前方位置での膜厚中心 t_c よりも、後方位置での膜厚中心 t_c の方が小さくなるようにすることによって、上部コア層 59 の前方位置にお

ける飽和磁束密度 B_s の絶対値を大きくすることができる。

【0114】

また、上部コア層 59 の X 元素の質量%濃度は、コア先部 59 c 又は立ち上がり部 59 g 内の任意の前方位置での膜厚中心 t_c よりも、後方位置での膜厚中心 t_c の方が大きいことが好ましい。

【0115】

また、コア先部 59 c 内または立ち上がり部 59 g 内での任意の位置を下方位置、同じくコア先部 59 c 内または立ち上がり部 59 g 内での下方位置よりも上面 59 f に近い任意の位置を上方位置としたときに、(Fe の質量%濃度 - X 元素の質量%濃度) の濃度差は、下方位置よりも上方位置の方が小さくなっている。

【0116】

つまり、下方位置では、FeNiX 合金中の Fe 元素の組成比率が高くなって、飽和磁束密度 B_s が大きくなる。一方、上方位置では、FeNiX 合金中の X 元素の組成比率が高くなって、比抵抗 ρ が大きくなり、飽和磁束密度 B_s が小さくなる。

【0117】

従って、本発明の磁気ヘッドの上部コア層 59 は、コイル層に近い下面 59 e 部分、すなわち最短磁路経路の部分の飽和磁束密度 B_s が高くなっており、これによって、本発明では、オーバーライト特性を向上させることができる。そして、上部コア層 59 上面 59 f で比抵抗 ρ を大きくして記録信号の高周波化対応を促進することが可能になっている。

【0118】

なお、下方位置とは例えば上部コア層 59 の下面 59 e であり、上方位置とは例えば上部コア層 59 の上面 59 f である。

【0119】

また、本発明では、コア先部 59 c 内または立ち上がり部 59 g 内では下方位置から上方位置に向けて、濃度差が徐々に変化していることが好ましい。つまり、上部コア層 59 が単層構造であっても、上部コア層 59 を形成している FeNi

i X合金の (Fe の質量%濃度 - X元素の質量%濃度) の値を上部コア層 59 の内部で変化させることができる。従って、上部コア層 59 が、異なる磁性材料からなる複数の磁性層からなるもののよう、積層界面で磁束の流れが乱れることがない。

【0120】

また、上部コア層 59 の上面 59 f が下部コア層 30 から最も離れる頭頂部 59 d における膜厚 t_5 が、上部コア層 59 の記録媒体との対向側の先端面 59 a における膜厚 t_6 より小さいことが好ましい。

【0121】

上部コア層 59 の頭頂部 59 d の膜厚 t_5 を薄くして抵抗値を大きくすることによって渦電流損失を低減し、記録特性に大きな影響を及ぼす先端面 59 a 付近の膜厚は小さくならないようにしている。

【0122】

図 6 は本発明における第 3 実施形態の磁気ヘッドの縦断面図である。

この実施形態では MR ヘッド h_1 が図 1 と同じである。

【0123】

図 6 に示される磁気ヘッドでは、下部コア層 60 上にアルミナなどによるギャップ層 (非磁性材料層) 61 が形成されている。ギャップ層 61 の上にはポリイミドまたはレジスト材料製の絶縁層 62 を介して平面的に螺旋状となるようにパターン形成されたコイル層 63 が設けられている。なお、コイル層 63 は Cu (銅) などの電気抵抗の小さい非磁性導電性材料で形成されている。コイル層 63 はポリイミドまたはレジスト材料で形成された絶縁層 64 に囲まれ、ギャップ層 61 の上から絶縁層 64 の上に軟磁性材料製の上部コア層 65 が形成されている。上部コア層 65 の基端部 65 b は、下部コア層 60 と磁氣的に接続されている。

【0124】

本実施の形態でも、上部コア層 65 は、FeNiX 合金 (ただし X 元素は Re または Mo) で形成されて、下部コア層 30 側に向けられる下面 65 e およびこれと逆側の上面 65 f とを有し、且つ下面 65 e および上面 65 f が記録媒体と

の対向側から素子奥方向に向けて下部コア層 60 から徐々に離れるように隆起する立ち上がり部 65g 及び下面 65e と上面 65f とが下部コア層 60 と平行な面となるコア先部 65c を有している。従って、上部コア層 65 はヨーク形状をなす。

【0125】

図 6 では、中間部 B が傾斜面 64a 上に積層されている。ただし、前方部 A の一部や後方部 C の一部が傾斜面 64a 上に積層されてもよい。

【0126】

また、上部コア層 65 のコア先部 65c 及び立ち上がり部 65g において、下面 65e に対する法線に沿う方向での下面 65e から上面 65f までの厚み寸法を二分した箇所を膜厚中心 t_c とし、上部コア層 65 の (Fe の質量%濃度 - X 元素の質量%濃度) を濃度差としたときに、コア先部 65c 又は立ち上がり部 65g 内の任意の前方位置での膜厚中心 t_c よりも、同じく前方位置よりも奥側に位置する任意の後方位置での膜厚中心 t_c の方が、濃度差が小さくなっている。

【0127】

すなわち、本発明の磁気ヘッドでは、上部コア層 65 の飽和磁束密度 B_s を、前記前方位置での膜厚中心 t_c よりも、前記後方位置での膜厚中心 t_c の方で小さくすることができる。また、上部コア層 65 の比抵抗 ρ を、前記前方位置での膜厚中心 t_c よりも、前記後方位置での膜厚中心 t_c の方で大きくすることができる。

【0128】

しかも、本発明では、上部コア層 65 が単層構造であっても、上部コア層 65 を形成している FeNiX 合金の (Fe の質量%濃度 - X 元素の質量%濃度) の値を上部コア層 65 の内部で変化させることができる。従って、上部コア層 65 が、異なる磁性材料からなる複数の磁性層からなるもののよう、積層界面で磁束の流れが乱れることがない。

【0129】

なお、前方位置とは、例えば記録媒体との対向側の先端面 65a であり、後方位置とは、例えば上面 65f が下部コア層 30 から最も離れる頭頂部 65d であ

る。

【0130】

さらに、上部コア層 65 の Fe の質量%濃度を、コア先部 65 c 又は立ち上がり部 65 g 内の任意の前方位置での膜厚中心 t_c よりも、後方位置での膜厚中心 t_c の方が小さくなるようにすることによって、上部コア層 65 の前方位置における飽和磁束密度 B_s の絶対値を大きくすることができる。

【0131】

また、上部コア層 65 の X 元素の質量%濃度は、コア先部 65 c 又は立ち上がり部 65 g 内の任意の前方位置での膜厚中心 t_c よりも、後方位置での膜厚中心 t_c の方が大きいことが好ましい。

【0132】

また、コア先部 65 c 内または立ち上がり部 65 g 内での任意の位置を下方位置、同じくコア先部 65 c 内または立ち上がり部 65 g 内での下方位置よりも上面 65 f に近い任意の位置を上方位置としたときに、(Fe の質量%濃度 - X 元素の質量%濃度) の濃度差は、下方位置よりも上方位置の方が小さくなっている。

【0133】

従って、下方位置では、FeNiX 合金中の Fe 元素の組成比率が高くなって、飽和磁束密度 B_s が大きくなる。一方、上方位置では、FeNiX 合金中の X 元素の組成比率が高くなって、比抵抗 ρ が大きくなり、飽和磁束密度 B_s が小さくなる。

【0134】

従って、本実施の形態の磁気ヘッドの上部コア層 65 は、コイル層に近い下面 65 e 部分、すなわち最短磁路経路の部分の飽和磁束密度 B_s が高くなっており、これによって、本発明では、オーバーライト特性を向上させることができる。そして、上部コア層 65 上面 65 f で比抵抗 ρ を大きくして記録信号の高周波化対応を促進することが可能になっている。

【0135】

なお、下方位置とは例えば上部コア層 65 の下面 65 e であり、上方位置とは

例えば上部コア層 65 の上面 65 f である。

【0136】

また、本発明では、コア先部 65 c 内または立ち上がり部 65 g 内では下方位置から上方位置に向けて、濃度差が徐々に変化していることが好ましい。つまり、上部コア層 65 が単層構造であっても、上部コア層 65 を形成している FeNiX 合金の (Fe の質量%濃度 - X 元素の質量%濃度) の値を上部コア層 65 の内部で変化させることができる。従って、上部コア層 65 が、異なる磁性材料からなる複数の磁性層からなるもののよう、積層界面で磁束の流れが乱れることがない。

【0137】

また、上部コア層 65 の上面 65 f が下部コア層 30 から最も離れる頭頂部 65 d における膜厚 t7 が、上部コア層 65 の記録媒体との対向側の先端面 65 a における膜厚 t8 より小さいことが好ましい。

【0138】

図 7 は本発明における第 4 実施形態の磁気ヘッドの縦断面図である。

図 7 の実施形態では MR ヘッド h1 の構成は図 1 と同じである。図 7 に示される磁気ヘッドでは、下部コア層 70 の上に下部磁極層 71 が記録媒体との対向面から隆起形成されている。下部磁極層 71 のハイト方向後方 (図示 Y 方向) には無機材料からなる絶縁層 72 が形成されている。絶縁層 72 の上面は凹形状となり、コイル形成面 72 a が形成されている。

【0139】

下部磁極層 71 上から絶縁層 72 上にかけて、非磁性絶縁性材料からなるギャップ層 73 が形成されている。さらに絶縁層 72 のコイル形成面 72 a 上にはギャップ層 73 を介してコイル層 74 が形成されている。コイル層 74 上は有機絶縁製の絶縁層 75 によって覆われている。

【0140】

上部コア層 76 は、ギャップ層 73 上から絶縁層 75 上にかけて積層されている。上部コア層 76 の基端部 76 b は、下部コア層 70 上に形成された磁性材料製の持上げ層 77 を介して下部コア層 70 に磁氣的に接続される。

【0141】

上部コア層 76 は、FeNiX 合金（ただし X 元素は Re または Mo）で形成されて、下部コア層 30 側に向けられる下面 76e およびこれと逆側の上面 76f とを有し、且つ下面 76e および上面 76f が記録媒体との対向側から素子奥方向に向けて下部コア層 30 から徐々に離れるように隆起する立ち上がり部 76g 及び下面 76e と上面 76f とが下部コア層 30 と平行な面となるコア先部 76c を有している。従って、上部コア層 76 はヨーク形状をなす。

【0142】

図 7 では、中間部 B が傾斜面 75a 上に積層されている。ただし、前方部 A の一部や後方部 C の一部が傾斜面 75a 上に積層されてもよい。

【0143】

上部コア層 76 のコア先部 76c 及び立ち上がり部 76g において、下面 76e に対する法線に沿う方向での下面 76e から上面 76f までの厚み寸法を二分した箇所を膜厚中心 t_c とし、上部コア層 76 の（Fe の質量%濃度－X 元素の質量%濃度）を濃度差としたときに、

コア先部 76c 又は立ち上がり部 76g 内の任意の前方位置での膜厚中心 t_c よりも、同じく前方位置よりも奥側に位置する任意の後方位置での膜厚中心 t_c の方が、濃度差が小さくなっている。

【0144】

すなわち、本発明の磁気ヘッドでは、上部コア層 76 の飽和磁束密度 B_s を、コア先部 76c 又は立ち上がり部 76g 内の任意の前方位置での膜厚中心 t_c よりも、後方位置での膜厚中心 t_c の方で小さくすることができる。また、上部コア層 76 の比抵抗 ρ を、前方位置での膜厚中心 t_c よりも、後方位置での膜厚中心 t_c の方で大きくすることができる。

【0145】

しかも、上部コア層 76 が単層構造であっても、上部コア層 76 を形成している FeNiX 合金の（Fe の質量%濃度－X 元素の質量%濃度）の値を上部コア層 76 の内部で変化させることができる。従って、上部コア層 76 が、異なる磁性材料からなる複数の磁性層からなるもののよう、積層界面で磁束の流れが乱

れることがない。

【0146】

なお、前方位置とは、例えば記録媒体との対向側の先端面 76 a であり、後方位置とは、例えば上面 76 f が下部コア層 30 から最も離れる頭頂部 76 d である。

【0147】

さらに、上部コア層 76 の Fe の質量%濃度を、コア先部 76 c 又は立ち上がり部 76 g 内の任意の前方位置での膜厚中心 t c よりも、後方位置での膜厚中心 t c の方で小さくなるようにすることによって、上部コア層 76 の前方位置における飽和磁束密度 B s の絶対値を大きくすることができる。

【0148】

また、上部コア層 76 の X 元素の質量%濃度は、コア先部 76 c 又は立ち上がり部 76 g 内の任意の前方位置での膜厚中心 t c よりも、後方位置での膜厚中心 t c の方で大きいことが好ましい。

【0149】

また、コア先部 76 c 内または立ち上がり部 76 g 内での任意の位置を下方位置、同じくコア先部 76 c 内または立ち上がり部 76 g 内での下方位置よりも上面 76 f に近い任意の位置を上方位置としたときに、(Fe の質量%濃度 - X 元素の質量%濃度) の濃度差は、下方位置よりも上方位置の方が小さくなっている。

【0150】

つまり、下方位置では、FeNiX 合金中の Fe 元素の組成比率が高くなって、飽和磁束密度 B s が大きくなる。一方、上方位置では、FeNiX 合金中の X 元素の組成比率が高くなって、比抵抗 ρ が大きくなり、飽和磁束密度 B s が小さくなる。

【0151】

従って、本発明の磁気ヘッドの上部コア層 76 は、コイル層に近い下面 76 e 付近、すなわち最短磁路経路の部分の飽和磁束密度 B s が高くなっており、これによって、オーバーライト特性を向上させることができる。そして、上部コア層

76 上面 76 f 付近で比抵抗 ρ を大きくして記録信号の高周波化対応を促進することが可能になっている。

【0152】

なお、下方位置とは例えば上部コア層 76 の下面 76 e であり、上方位置とは例えば上部コア層 76 の上面 76 f である。

【0153】

また、本発明では、コア先部 76 c 内または立ち上がり部 76 g 内で下方位置から上方位置に向けて、濃度差が徐々に変化していることが好ましい。つまり、上部コア層 76 が単層構造であっても、上部コア層 76 を形成している FeNiX 合金の (Fe の質量%濃度 - X 元素の質量%濃度) の値を上部コア層 76 の内部で変化させることができる。従って、上部コア層 76 が、異なる磁性材料からなる複数の磁性層からなるもののよう、積層界面で磁束の流れが乱れることがない。

【0154】

また、上部コア層 76 の上面 76 f が下部コア層 30 から最も離れる頭頂部 76 d における膜厚 t_9 が、上部コア層 76 の記録媒体との対向側の先端面 76 a における膜厚 t_{10} より小さいことが好ましい。

【0155】

上部コア層 76 の頭頂部 76 d の膜厚 t_9 を、上部コア層 76 の先端面 76 a における膜厚 t_{10} より小さくすると、効果的に上部コア層 76 の抵抗値を大きくすることができるので好ましい。

【0156】

なお、図 4 から図 7 に示される磁気ヘッドでも、膜厚中心 t_c を対向側から奥側へ向けて結んだ線を中心線としたときに、中心線での前記濃度差は、前方位置から後方位置へ向けて徐々に変化していることが好ましい。

【0157】

これによって、上部コア層 59、65、75 の飽和磁束密度 B_s が、前方位置の方に近づくにつれて連続的に増加するようにできる。

【0158】

なお、膜厚中心 t_c を対向側から奥側へ向けて結んだ線を中心線としたときに、中心線での Fe の質量%濃度は、前方位置から後方位置へ向けて徐々に変化していることが好ましい。また、中心線での X 元素の質量%濃度が、前方位置から後方位置へ向けて徐々に変化していることが好ましい。

【0159】

また各実施形態において、符号 16 の層は、下部コア層と上部シールド層の別々の膜となっているが、一層の磁性材料膜が下部コア層と上部シールド層を兼用するものであってもよい。

【0160】

次に図 1 ないし図 7 に示す磁気ヘッドの一般的な製造方法について以下に説明する。

【0161】

図 1 ないし図 3 に示す磁気ヘッドは、下部コア層 30 上に Gd 決め層 31 を形成した後、レジストを用いて記録媒体との対向面からハイト方向に下部磁極層 33、ギャップ層 34 及び上部磁極層 35 から成る磁極部 32 を連続メッキによって形成する。

【0162】

次に磁極部 32 のハイト方向後方に Al_2O_3 や SiO_2 などの無機材料によって絶縁層 37a を形成した後、コイル層 38 の下層部を螺旋状にメッキ形成し、無機材料からなる絶縁層 37b を成膜してから、例えば CMP 技術を用いて磁極部 32 の上面と絶縁層 37b の上面とを同一平面に平坦化する。

【0163】

絶縁層 37 の上にコイル層 38 の上層部を螺旋状にメッキ形成した後、コイル層 38 の上にコイル絶縁層 39 を形成する。コイル絶縁層 39 の前端面は傾斜面 39a となる。

【0164】

そして磁極部 32 上からコイル絶縁層 39 上にかけて上部コア層 36 を例えばフレームメッキ法により形成する。

【0165】

図4及び図5に示す磁気ヘッドは、下部コア層50上に絶縁層51を形成した後、レジストを用いて絶縁層51の記録媒体との対向面からハイト方向後方に向けてトラック幅形成溝51aを形成する。さらにイオンミリングなどによってトラック幅形成溝51aの角部を削りとることにより、トラック幅形成溝51aに傾斜面51c、51cを形成する。

【0166】

トラック幅形成溝51a内に、下部磁極層53、ギャップ層54を形成する。ギャップ層54上から絶縁層51上にGd決め層56を形成した後、ギャップ層54上に上部磁極層55をメッキ形成する。次に絶縁層51上にコイル層57を螺旋状にパターン形成した後、コイル層57上にコイル絶縁層58を形成する。コイル絶縁層58の前端面は傾斜面58aとなる。そして上部磁極層55上からコイル絶縁層58上にかけて上部コア層59を例えばフレームメッキ法にて形成する。

【0167】

図6に示す磁気ヘッドは、まず下部コア層60上にギャップ層61を形成し、さらに絶縁層62を形成した後、絶縁層62の上にコイル層63をメッキ形成する。コイル層63上にコイル絶縁層64を形成する。コイル絶縁層64の前端面は傾斜面64aとなる。ギャップ層61からコイル絶縁層64上にかけて上部コア層65をフレームメッキ法によりパターン形成する。

【0168】

図7に示す磁気ヘッドは、まず下部コア層70上に下部磁極層71を形成し、さらに下部磁極層71のハイト方向後方に絶縁層72を形成する。下部磁極層71と絶縁層72の上面はCMP技術によって一旦平坦化された後、絶縁層72の上面に凹形状となるコイル形成面72aを形成する。次に下部磁極層71上から絶縁層72上に非磁性材料からなるギャップ層73を形成した後、ギャップ層73上にコイル層74を螺旋状にパターン形成し、さらにコイル層74上にコイル絶縁層75を形成する。コイル絶縁層75の前端面は傾斜面75aとなる。そして、ギャップ層73上からコイル絶縁層75上にかけて上部コア層76を例えばフレームメッキ法によりパターン形成する。

【0169】

上部コア層の形成方法について、特に図1ないし図3に示された磁気ヘッドの上部コア層36を例にとって詳説する。なお、図4ないし図7の磁気ヘッドの上部コア層の製造方法も上部コア層36の製造方法と変わるところはない。

【0170】

上部コア層36は、FeNiX合金（ただしX元素はReまたはMo）をパルス電流を用いた電気メッキ法によりメッキ形成する。本発明の磁気ヘッドの上部コア層をメッキ形成するときには、メッキ浴組成及びパルス電流などの条件、特にメッキの成膜速度が重要になるが、それらの具体的な値については後の実施例の欄で説明する。

【0171】

FeNiX合金をメッキ形成することで上部コア層36を任意の膜厚で形成でき、スパッタで形成するよりも厚い膜厚で形成することが可能になる。

【0172】

図1ないし図3に示される磁気ヘッドでは、上部コア層36の内部でFeNiX合金の組成比が変化する。これは、以下の機構によるものの考えられる。

【0173】

図1ないし図3に示される磁気ヘッドでは、上部コア層36が上部磁極層35上から、コイル絶縁層39の記録媒体との対向側に形成された傾斜面39a上にかけて形成されることにより、下面36eおよび上面36fが記録媒体との対向側から素子奥方向に向けて下部コア層30から徐々に離れるように隆起する立ち上がり部36gが形成される。

【0174】

図2に示されるように、立ち上がり部36gの上に位置するのは上部コア層36の後方部Cであり、立ち上がり部36gの下に位置するのは上部コア層36の前方部Aである。また、上部コア層36の後方部Cのトラック幅方向寸法W2及びハイト方向（図示Y方向）寸法は前方部Aのトラック幅方向寸法W1及びハイト方向寸法よりも大きい。すなわち、上部コア層36の後方部Cは、前方部AよりもX-Y平面における面積が大きくなっている。

【0175】

上部コア層36を形成するためのFeNiX合金（X元素はReまたはMo）中のX元素質量%濃度はFeやNiの質量%濃度に比べると非常に小さくてよく、FeNiX合金をメッキ形成するためのメッキ浴中のX元素濃度も、例えばFe濃度の40分の1と非常に小さくなっている。

【0176】

このため、メッキ溶液中のX元素は、立ち上がり部36gの上側で面積の大きい後方部Cで高濃度になり、立ち上がり部36gの下側で面積の小さい前方部Aにおいて低濃度になる。その結果、メッキ形成後の上部コア層36では、後方部CにおけるX元素の質量%濃度が前方部AにおけるX元素の質量%濃度よりも大きくなる。

【0177】

また、成膜電流が同じ大きさであれば、FeNiX合金のメッキ形成時の成膜速度（単位時間に成膜されるメッキ膜の厚さ）は、X元素が含まれないFeNi合金の成膜速度よりも遅くなることが分かっている。

【0178】

従って、FeNiX合金からなる上部コア層36のメッキ形成時において、X元素の濃度が高い後方部Cは成膜速度が遅く、X元素の濃度が低い前方部Aは成膜速度が速くなっている。成膜速度が速いと、前方部Aにおけるメッキ液の消費（メッキ膜の形成）率に対して、Feイオンの供給が追いつかなくなり、その結果、前方部AのFeNiX合金中のFe質量%濃度を上げることが難しくなる。

【0179】

ここで、上部コア層の成膜速度の平均値を小さくしていくと、前方部Aにも充分な量のFeイオンが恒常的に供給されるようになって、前方部AにおけるFeの質量%濃度を高くすることが可能になる。

【0180】

また、上部コア層36のメッキ形成時に、メッキ浴中のRe濃度の調整、平均成膜速度の調整（遅めにしていく）を行うことによって、上部コア層76の（Feの質量%濃度－X元素の質量%濃度）の値（濃度差）を、コア先部76c又は

立ち上がり部 76 g 内の任意の前方位置での膜厚中心 t_c よりも、同じく前方位置よりも奥側に位置する任意の後方位置での膜厚中心 t_c の方で小さくさせることができる。

【0181】

すなわち、本発明の磁気ヘッドでは、上部コア層 76 の飽和磁束密度 B_s を、コア先部 76 c 又は立ち上がり部 76 g 内の任意の前方位置での膜厚中心 t_c よりも、後方位置での膜厚中心 t_c の方で小さくすることができる。また、上部コア層 76 の比抵抗 ρ を、前方位置での膜厚中心 t_c よりも、後方位置での膜厚中心 t_c の方で大きくすることができる。

【0182】

しかも、メッキ溶液を交換することなく、上部コア層 36 を形成している Fe Ni X 合金の (Fe の質量%濃度 - X 元素の質量%濃度) の値を上部コア層 36 の内部で変化させることができる。従って、上部コア層 36 は単層構造を有する層として形成され、異なる磁性材料からなる複数の磁性層からなるもののようになり、積層界面で磁束の流れが乱れることがない。

【0183】

また、上部コア層 36 の膜厚中心 t_c を対向側から奥側へ向けて結んだ線を中心線としたときに、中心線での濃度差を前方位置から後方位置へ向けて徐々に変化させることもできる。

【0184】

また、上部コア層 36 のメッキ工程における平均成膜速度を調整することによって、上部コア層 36 の Fe の質量%濃度が、前記前方位置での膜厚中心 t_c よりも前記後方位置での膜厚中心 t_c の方で小さくなるようにできる。これによって、上部コア層 36 の前記前方位置における飽和磁束密度 B_s の絶対値を大きくすることができる。

【0185】

なお、平均成膜速度を調節することによって、膜厚中心 t_c を対向側から奥側へ向けて結んだ線を中心線としたときに、中心線での Fe の質量%濃度を前方位置から後方位置へ向けて徐々に変化させることもできる。

【0186】

また、上述したように、上部コア層 36 の X 元素の質量%濃度（X は Re または Mo）が、前記前方位置での膜厚中心 t_c よりも前記後方位置での膜厚中心 t_c の方で小さくなるようにできる。これによって、上部コア層 36 の前記前方位置における飽和磁束密度 B_s の絶対値を大きくすることができる。

【0187】

なお、平均成膜速度を調節することによって、膜厚中心 t_c を対向側から奥側へ向けて結んだ線を中心線としたときに、中心線での X 元素の質量%濃度を前方位置から後方位置へ向けて徐々に変化させることもできる。

【0188】

また、前述の如く、FeNiX 合金からなる上部コア層 36 のメッキ形成時において、X 元素の濃度が高い後方部 C は成膜速度が遅く、X 元素の濃度が低い前方部 A は成膜速度が速くなっている。それゆえ、上部コア層 36 の頭頂部 36 d における膜厚 t_3 を、上部コア層 36 の先端部における膜厚 t_4 より小さくすることができる。すなわち、上部コア層 36 の先端面 36 a から離れた場所の膜厚を薄くして抵抗値を大きくすることによって渦電流損失を低減し、記録特性に大きな影響を及ぼす上部コア層 36 の先端面 36 a 付近の膜厚は小さくならないようにしている。なお、上部コア層 36 の頭頂部 36 d とは、上部コア層 36 のもっとも図示上方（Z 方向）に位置する場所である。

【0189】

また、コア先部 36 c 内または立ち上がり部 36 g 内での任意の位置を下方位置、同じくコア先部 36 c 内または立ち上がり部 36 g 内での下方位置よりも上面 36 f に近い任意の位置を上方位置としたときに、（Fe の質量%濃度－X 元素の質量%濃度）の濃度差を、下方位置よりも上方位置の方で小さくするようにできる。

【0190】

つまり、下方位置では、FeNiX 合金中の Fe 元素の組成比率が高くなって、飽和磁束密度 B_s が大きくなる。一方、上方位置では、FeNiX 合金中の X 元素の組成比率が高くなって、比抵抗 ρ が大きくなり、飽和磁束密度 B_s が小さ

くなる。

【0191】

従って、上部コア層 36 のコイル層 38 に近い下面部分、すなわち最短磁路経路の部分の飽和磁束密度 B_s が高くなり、これによって、オーバーライト特性を向上させることができる。そして、上部コア層 36 の上面で比抵抗 ρ を大きくして記録信号の高周波化対応を促進することが可能になっている。

【0192】

【実施例】

本実施例では、図 1 ないし図 3 に示された磁気ヘッドを形成した。形成する磁気ヘッドの上部コア層 36 はメッキ形成された FeNiRe 合金である。

【0193】

上部コア層 36 を形成するための FeNiRe 合金のメッキ浴組成を表 1 に示す。

【0194】

【表 1】

NiFeRe	図 8	図 9	図 10	図 11
Feイオン濃度 (g/l)	1.8	2.7	1.2	2.3
Niイオン濃度 (g/l)	10	10	10	10
Feイオン/Niイオン比	0.18	0.27	0.12	0.23
Reイオン濃度 (g/l)	0.03	0.04	0.03	0.04
ホウ酸濃度 (g/l)	25	25	25	25
NaCl濃度 (g/l)	25	25	25	25
サッカリンNa濃度 (g/l)	2.0	2.0	2.0	2.0
実電流密度 (mA/cm ²)	16	15	25	9

【0195】

なお実験ではメッキ浴温度を 25℃～30℃に設定した。またメッキ浴の pH を 3.0～4.0 に設定した。またアノード側の電極には Ni 電極を用いた。

【0196】

本実施例では FeNiRe 合金を直流電流またはパルス電流を用いた電気メッキ法によりメッキ形成する。

【0197】

特に、パルス電流を用いることが好ましい。パルス電流を用いる電気メッキ法では、例えば電流制御素子の ON/OFF を繰返し、メッキ形成時に、電流を流

す時間と、電流を流さない空白な時間を設ける。このように電流を流さない時間を設けることで、FeNiRe合金膜を、少しずつメッキ形成し、直流電流を用いた電気メッキ法に比べメッキ形成時における電流密度の分布の偏りを緩和することが可能になっている。パルス電流による電気メッキ法によれば直流電流による電気メッキ法に比べて軟磁性膜中に含まれるFe含有量の調整が容易になり、前記Fe含有量を膜中に多く取り込むことができる。

【0198】

本発明の軟磁性膜の製造方法に使用するメッキ浴中に含まれるNiイオン濃度は、10 g/lと低濃度である。従って、成膜時カソード（メッキされる側）の表面に触れるメッキ液中のNiが相対的に低下し、攪拌効果が向上することで膜中にFeを多く取り込むことができる。また、攪拌効果が向上すると、Feイオンが適切に供給されるため、緻密な結晶を形成できるようになる。

【0199】

また本実施例のように、FeNiRe合金のメッキ浴中にサッカリンナトリウム（ $C_6H_4CONNaSO_2$ ）を混入すると、前記サッカリンナトリウムは応力緩和剤の役割を持っているため、メッキ形成されたFeNiRe合金の膜応力を低減させることが可能になる。

【0200】

また、FeNiRe合金のメッキ浴中に、2-ブチン-1、4ジオールを混入すると、前記FeNiRe合金の結晶粒径の粗大化を抑制し保磁力Hcを低減させることができる。

【0201】

また、前記FeNiRe合金のメッキ浴中に、界面活性剤である2-エチルヘキシル硫酸ナトリウムを混入すると、FeNiRe合金のメッキ形成時に発生する水素を除去でき、メッキ膜に前記水素が付着することを防止することができる。前記メッキ膜に水素が付着すると、結晶が緻密に形成されずその結果、膜面の面粗れをひどくする原因となるため、本発明のように前記水素を除去することで、前記メッキ膜の膜面の面粗れを小さくでき、保磁力Hcを小さくすることが可能である。

【0202】

なお前記2-エチルヘキシル硫酸ナトリウムに代えてラウリル硫酸ナトリウムを混入してもよいが、前記ラウリル硫酸ナトリウムは、前記2-エチルヘキシル硫酸ナトリウムに比べてメッキ浴中に入れたとき泡立ちやすいために、前記ラウリル硫酸ナトリウムを効果的に水素を除去できる程度に混入することが難しい。このため本発明では、前記ラウリル硫酸ナトリウムに比べて泡立ちにくい2-エチルヘキシル硫酸ナトリウムを水素を効果的に除去できる程度に混入することができて好ましい。

【0203】

また前記メッキ浴中にホウ酸を混入すると、電極表面のpH緩衝剤となり、またメッキ膜の光沢を出すのに効果的である。

【0204】

図2に示されるように、メッキ形成された上部コア層36は立ち上がり部36gを有するヨーク形状をなしている。

【0205】

図8から図11に上部コア層36のFeNiRe合金の組成を記録媒体との対向側の先端面36aから、上面36fが下部コア層30から最も離れる頭頂部36dまで調べた結果を示す。なお、下面76eに対する法線Nに沿う方向での下面76eから上面76fまでの厚み寸法を二分した箇所である膜厚中心tcを対向側から奥側へ向けて結んだ中心線（図2に示された点線部）に沿って、試料を採取した。

【0206】

なお、図8から図10のグラフは、上部コア層をデューティー比（ON/OFF）300/700msecのパルス電流を用いてメッキ形成したときの結果であり、図11は直流電流を連続通電してメッキ形成したときの結果である。

【0207】

図8、図9、図10の違いは上部コア層36のメッキ形成時の平均成膜速度を異ならせたことである。図8は上部コア層36の平均成膜速度を $0.071\mu\text{m}/\text{min}$ にした時の結果、図9及び図10はそれぞれ上部コア層36の平均成膜

速度を $0.097 \mu\text{m}/\text{min}$ 、 $0.168 \mu\text{m}/\text{min}$ にした時の結果である。なお、図 11 における上部コア層 36 の平均成膜速度は $0.163 \mu\text{m}/\text{min}$ である。

【0208】

なお、上部コア層 36 をメッキ形成するとき、先端面 36 a 付近の成膜速度と頭頂部付近の成膜速度は異なるので、ここでは、先端面 36 a の成膜速度と頭頂部の成膜速度の平均をとったものを平均成膜速度としている。

【0209】

図 8 ないし図 10 のいずれにおいても、上部コア層 36 の先端面 36 a から奥側の後方位置にいくに従って、FeNiRe 合金中の Re の質量%濃度が連続的に上昇している一方、FeNiRe 合金中の Fe の質量%比は、先端面 36 a から奥側の後方位置にいてもあまり変化しない。また、上部コア層 36 の平均成膜速度が遅くなると、奥側の後方位置の Fe の質量%比が低下する傾向があることもわかる。

【0210】

すなわち、上部コア層 36 の先端面 36 a における (Fe の質量%濃度 - Re の質量%濃度) の値が、上部コア層 36 の先端面 36 a から後方位置における (Fe の質量%濃度 - Re の質量%濃度) の値より大きくなっている。特に、上部磁極層との先端面 36 a における (Fe の質量%濃度 - Re の質量%濃度) の値が、上部コア層 36 の頭頂部 36 d における (Fe の質量%濃度 - Re の質量%濃度) の値より大きくなっている。

【0211】

FeNiRe 合金において、Fe 元素はその 3d 電子に由来する磁性元素であり、合金中の Fe 元素の組成比率が高くなると飽和磁束密度 B_s が大きくなる。また、FeNiRe 合金中の Re の組成比率が高くなると、比抵抗 ρ が大きくなる。

【0212】

従って、FeNiRe 合金の (Fe の質量%濃度 - Re の質量%濃度) の値が大きくなると、Fe 元素の組成比率が高くなって、飽和磁束密度 B_s が大きくな

る。一方、(Feの質量%濃度-Reの質量%濃度)の値が小さくなると、FeNiRe合金中のX元素の組成比率が高くなって、比抵抗 ρ が大きくなり、飽和磁束密度 B_s が小さくなる。

【0213】

すなわち、本実施例の磁気ヘッドの上部コア層36は、上部コア層36の先端面に近いところでは飽和磁束密度 B_s が大きく、上部コア層36の先端面から離れた場所では比抵抗 ρ が大きくなる。これによって、本発明では、オーバーライト特性を向上させ、なおかつ記録信号の高周波化対応を促進することができる。

【0214】

なお、図8において、先端面におけるFe質量%濃度は58.9%、Re質量%濃度は3.8%であるので(Feの質量%濃度-Reの質量%濃度)の値は55.1%であり、頭頂部におけるFe質量%濃度は52.2%、Re質量%濃度は13.0%であるので(Feの質量%濃度-Reの質量%濃度)の値は39.2(%)である。

【0215】

図9においては、先端面におけるFe質量%濃度は57.7%、Re質量%濃度は3.5%であるので(Feの質量%濃度-Reの質量%濃度)の値は54.2%であり、頭頂部におけるFe質量%濃度は58.3%、Re質量%濃度は9.6%であるので(Feの質量%濃度-Reの質量%濃度)の値は48.7(%)である。

【0216】

また、図10において、先端面におけるFe質量%濃度は52.1%、Re質量%濃度は3.5%であるので(Feの質量%濃度-Reの質量%濃度)の値は48.6%であり、頭頂部におけるFe質量%濃度は57.3%、Re質量%濃度は9.9%であるので(Feの質量%濃度-Reの質量%濃度)の値は47.4(%)である。

【0217】

図11においては、先端面におけるFe質量%濃度は52.7%、Re質量%濃度は3.1%であるので(Feの質量%濃度-Reの質量%濃度)の値は49

． 6 % であり、頭頂部における F e 質量 % 濃度は 56.7 %、R e 質量 % 濃度は 10.5 % であるので (F e の質量 % 濃度 - R e の質量 % 濃度) の値は 46.2 (%) である。

【0218】

特に、上部コア層 36 の平均成膜速度が最も遅い図 8 では、先端面での F e の質量 % 濃度が、上部コア層 36 の前記先端面から後方位置の任意の場所における F e の質量 % 濃度より大きくなっており、しかも、上部コア層 36 の前記先端面から後方位置にいくにつれて F e の質量 % 濃度が連続的に減少している。

【0219】

図 12 は、図 8 から図 11 のグラフのデータを使って、上部コア層 36 の平均成膜速度と上部コア層 36 の先端面の F e 質量 % 濃度と頭頂部の F e 質量 % 濃度の差の関係、及び上部コア層 36 の平均成膜速度と上部コア層 36 の先端面の R e 質量 % 濃度と頭頂部の R e 質量 % 濃度の差の関係を示すグラフである。

【0220】

図 12 をみると、上部コア層 36 の平均成膜速度を $0.071 \mu\text{m}/\text{min}$ にした時 (図 8) の F e 質量 % 濃度差 (先端面 - 頭頂部) は 6.9 (%)、平均成膜速度を $0.097 \mu\text{m}/\text{min}$ にした時 (図 9) の F e 質量 % 濃度差 (先端面 - 頭頂部) は 0 (%)、平均成膜速度を $0.163 \mu\text{m}/\text{min}$ にした時 (図 11) の F e 質量 % 濃度差 (先端面 - 頭頂部) は -4.1 (%)、平均成膜速度を $0.168 \mu\text{m}/\text{min}$ にした時 (図 10) の F e 質量 % 濃度差 (先端面 - 頭頂部) は -4.6 (%) である。

【0221】

また、上部コア層 36 の平均成膜速度を $0.071 \mu\text{m}/\text{min}$ にした時 (図 8) の R e 質量 % 濃度差 (先端面 - 頭頂部) は -8.0 (%)、平均成膜速度を $0.097 \mu\text{m}/\text{min}$ にした時 (図 9) の R e 質量 % 濃度差 (先端面 - 頭頂部) は -6.7 (%)、平均成膜速度を $0.163 \mu\text{m}/\text{min}$ にした時 (図 11) の R e 質量 % 濃度差 (先端面 - 頭頂部) は -8.0 (%)、平均成膜速度を $0.168 \mu\text{m}/\text{min}$ にした時 (図 10) の R e 質量 % 濃度差 (先端面 - 頭頂部) は -7.1 (%) である。

【0222】

すなわち、平均成膜速度を遅くすると、上部コア層36の先端面のFe質量%濃度と頭頂部のFe質量%濃度の差は大きくなり、一方、上部コア層36の先端面のRe質量%濃度と頭頂部のRe質量%濃度の差はほとんど変化しないことがわかる。

【0223】

このように、上部コア層36の内部でFeNiRe合金の組成比が変化するのは、以下の機構によるものと考えられる。

【0224】

図1ないし図3に示される磁気ヘッドでは、上部コア層36が上部磁極層35上から、コイル絶縁層39の記録媒体との対向側に形成された傾斜面39a上にかけて形成されることにより、立ち上がり部36gを有するヨーク形状のものと形成される。

【0225】

図2に示されるように、立ち上がり部36gの上に位置するのは上部コア層36の後方部Cであり、立ち上がり部36gの下に位置するのは上部コア層36の前方部Aである。また、上部コア層36の後方部Cのトラック幅方向寸法W2及びハイト方向（図示Y方向）寸法は前方部Aのトラック幅方向寸法W1及びハイト方向寸法よりも大きい。すなわち、上部コア層36の後方部Cは、前方部AよりもX-Y平面における面積が大きくなっている。

【0226】

上部コア層36を形成するためのFeNiRe合金中のRe元素質量%濃度はFeやNiの質量%濃度に比べると非常に小さくてよく、FeNiRe合金をメッキ形成するためのメッキ浴中のRe元素濃度も、例えばFe濃度の40分の1と非常に小さくなっている。

【0227】

このため、メッキ溶液中のX元素は、立ち上がり部36gの上側で面積の大きい後方部Cで高濃度になり、立ち上がり部36gの下側で面積の小さい前方部Aにおける低濃度になる。その結果、メッキ形成後の上部コア層36では、後方部

CにおけるX元素の質量%濃度が前方部AにおけるX元素の質量%濃度よりも大きくなる。

【0228】

また、成膜電流が同じ大きさであれば、FeNiRe合金のメッキ形成時の成膜速度（単位時間に成膜されるメッキ膜の厚さ）は、Re元素が含まれないFeNi合金の成膜速度よりも遅くなる

図13は、NiFe合金及びFeNiRe合金のメッキ形成時の成膜電流の大きさと成膜速度との関係を示すグラフである。なお、メッキ形成はデューティ比（ON/OFF）300/700msecのパルス電流を用いて行っており、図13の横軸の成膜電流とは1m秒当たりの平均電流の値である。また、成膜速度は1分あたりのメッキ形成膜厚で示している。

【0229】

図13の（□）は、NiFe合金をメッキ形成したときの結果であり、（◇）はFeNiRe合金をメッキ形成したときの結果である。

【0230】

グラフからNiFe合金及びFeNiRe合金の両方とも、メッキ形成時の成膜電流の大きさと成膜速度が比例関係にあることがわかる。

【0231】

しかし、グラフの傾きはNiFe合金よりFeNiRe合金の方が小さくなっている。すなわち、同じ大きさの成膜電流であっても、Re元素が含まれていると成膜速度が遅くなることがわかる。

【0232】

従って、FeNiRe合金からなる上部コア層3.6のメッキ形成時において、Re元素の濃度が高い後方部Cは成膜速度が遅く、Re元素の濃度が低い前方部Aは成膜速度が速くなっている。成膜速度が速いと、前方部Aにおけるメッキ液の消費（メッキ膜の形成）率に対して、Feイオンの供給が追い付かなくなり、その結果、前方部AのFeNiRe合金中のFe質量%濃度を上げることが難しくなる。

【0233】

ここで、上部コア層の成膜速度の平均値を小さくしていくと、前方部 A にも充分量の Fe イオンが恒常的に供給されるようになって、前方部 A における Fe の質量%濃度を高くすることが可能になる。

【0234】

また、上部コア層 36 のメッキ工程における平均成膜速度を調整することによって、上部コア層 36 の先端面 36 a における上部コア層 36 の Fe の質量%濃度を、上部コア層 36 の先端面 36 a から任意の後方位置における Fe の質量%濃度より大きくすることもできる。これによって、上部コア層 36 の先端面 36 a における飽和磁束密度 B_s の絶対値を大きくすることができる。

【0235】

なお、平均成膜速度を調節することによって、上部コア層 36 の Fe の質量%濃度を、上部コア層 36 の先端面 36 a から後方、ヨーク形状の頭頂部 36 d に向かうにつれて徐々に小さくすることもできる。

【0236】

また、上述したように、上部コア層 36 の先端面 36 a における上部コア層 36 の Re 元素の質量%濃度は、上部コア層 36 の先端面 36 a から任意の後方位置における Re 元素の質量%濃度より小さくなる。

【0237】

しかも、メッキ溶液を交換することなく、FeNiRe 合金の (Fe の質量%濃度 - X 元素の質量%濃度) の値を上部コア層 36 の内部で変化させることができる。従って、上部コア層 36 は単層構造を有する層として形成され、異なる磁性材料からなる複数の磁性層からなるもののように積層界面で磁束の流れが乱れることがない。

【0238】

図 14 は、上部コア層 36 の平均成膜速度と上部コア層 36 の先端面の飽和磁束密度 B_s と頭頂部の飽和磁束密度 B_s の差の関係を示すグラフ、図 15 は上部コア層 36 の平均成膜速度と上部コア層 36 の先端面の比抵抗 ρ と頭頂部の比抵抗 ρ の差の関係を示すグラフである。

【0239】

図14をみると、上部コア層36の平均成膜速度を $0.071\mu\text{m}/\text{min}$ にした時、飽和磁束密度 B_s 差（先端面－頭頂部）は最大値 0.3 (T) となる。平均成膜速度を速くすると、飽和磁束密度 B_s 差（先端面－頭頂部）は小さくなり、平均成膜速度を $0.163\mu\text{m}/\text{min}$ にした時には、飽和磁束密度 B_s 差が 0 (T) になっている。

【0240】

また、図15をみると、上部コア層36の平均成膜速度を $0.071\mu\text{m}/\text{min}$ にした時（図8）の比抵抗 ρ 差（先端面－頭頂部）は最も大きくなり、 $-30\text{ (}\mu\Omega\cdot\text{cm)}$ となっている。平均成膜速度を速くすると比抵抗 ρ 差（先端面－頭頂部）は小さくなり、平均成膜速度を $0.168\mu\text{m}/\text{min}$ にした時の比抵抗 ρ 差（先端面－頭頂部）は $-10\text{ (}\mu\Omega\cdot\text{cm)}$ である。

【0241】

すなわち、上部コア層のメッキ形成時の平均成膜速度を遅くすることにより、飽和磁束密度 B_s が上部コア層36の先端面で大きく、比抵抗 ρ が頭頂部で大きい磁気ヘッドを得ることができることがわかる。

【0242】

また、前述の如く、FeNiRe合金からなる上部コア層36のメッキ形成時において、Re元素の濃度が高い後方部Cは成膜速度が遅く、Re元素の濃度が低い前方部Aは成膜速度が速くなっている。それゆえ、上部コア層36の頭頂部36dにおける膜厚 t_3 を、上部コア層36の先端部における膜厚 t_4 より小さくすることができる。

【0243】

図16は、上部コア層36の平均成膜速度と、上部コア層36の先端面の膜厚と頭頂部の膜厚の差、との関係を示すグラフである。

【0244】

図16をみると、上部コア層36の平均成膜速度を $0.071\mu\text{m}/\text{min}$ にした時、膜厚差（先端面－頭頂部）は $0.28\mu\text{m}$ となる。また、平均成膜速度を $0.097\mu\text{m}/\text{min}$ にした時、膜厚差（先端面－頭頂部）は $0.14\mu\text{m}$ と小さくなるが、上部コア層36の先端面の膜厚の方が頭頂部の膜厚より厚くな

っている。

【0245】

すなわち、上部コア層 36 の先端面から離れた場所の膜厚を薄くして抵抗値を大きくすることによって渦電流損失を低減し、記録特性に大きな影響を及ぼす上部コア層 36 の先端面 36 a 付近の膜厚を厚く維持できる。

【0246】

上記した実施例では、上部コア層 36 を FeNiRe 合金によって形成した結果を示した。しかし、上部コア層 36 を FeNiMo 合金によって形成しても同様の結果を得ることができる。

【0247】

上部コア層 36 を形成するための FeNiMo 合金のメッキ浴組成を表 2 に示す。

【0248】

【表 2】

NiFeMo	
Fe イオン濃度 (g/l)	1.3
Ni イオン濃度 (g/l)	10
Fe イオン/Ni イオン比	0.13
Mo イオン濃度 (g/l)	0.04
ホウ酸濃度 (g/l)	25
NaCl 濃度 (g/l)	25
サッカリン Na 濃度 (g/l)	2.0
実電流密度 (mA/cm ²)	17
パルス電流デューティ比	0.3

【0249】

なお実験ではメッキ浴温度を 25℃～30℃に設定した。またメッキ浴の pH を 3.0～4.0 に設定した。またアノード側の電極には Ni 電極を用いた。

【0250】

本実施例でも FeNiMo 合金をパルス電流を用いた電気メッキ法によりメッキ形成する。なお、メッキ形成はデューティ比 (ON/OFF) 300/700 msec のパルス電流を用いて行った。

【0251】

得られた磁気ヘッドの、上部コア層 36 の先端面と頭頂部の Fe 質量%濃度差、上部コア層 36 の先端面と頭頂部の Mo 質量%濃度差、先端面と頭頂部の飽和磁束密度 B_s 差、先端面と頭頂部の比抵抗 ρ 差、上部コア層 36 の先端部の膜厚と頭頂部の膜厚の差を、表 3 に示す。

【0252】

【表 3】

	先端面	頭頂部	先端面－頭頂部
Fe 濃度 (質量%)	57.5	56.5	1.0
Ni 濃度 (質量%)	36.7	34.1	2.6
Mo 濃度 (質量%)	5.9	9.4	-3.5
B _s (T)	1.4	1.2	0.2
ρ ($\mu\Omega \cdot \text{cm}$)	70	90	-20
膜厚 (μm)	1.7	1.6	0.1

【0253】

先端面の Fe 質量%濃度が頭頂部より大きく、先端面の Mo 質量%濃度が頭頂部より小さくなっている。その結果、先端面の飽和磁束密度 B_s が頭頂部より大きく、先端面の比抵抗 ρ が頭頂部より小さくなる。

【0254】

また、上部コア層 36 の先端面の膜厚が頭頂部の膜厚より厚くなっている。

従って、上部コア層を FeNiMo 合金を用いて形成した磁気ヘッドも、FeNiRe 合金を用いて形成した磁気ヘッドと同様の効果を有する。

【0255】

次に、上部コア層 36 の先端面 36a または頭頂部 36d の下面 36e から、上面 36f にかけて、FeNiRe 合金の Fe の質量%濃度及び Re 元素の質量%濃度を測定した。

【0256】

本実施例の上部コア層 36 をメッキ形成するメッキ浴組成を表 4 に示す。

【0257】

【表 4】

NiFeRe	図 17 及び 図 18
Fe イオン濃度 (g/l)	1.2
Ni イオン濃度 (g/l)	10
Fe イオン/Ni イオン比	0.12
Re イオン濃度 (g/l)	0.05
ホウ酸濃度 (g/l)	25
NaCl 濃度 (g/l)	25
サッカリン Na 濃度 (g/l)	2.0
実電流密度 (mA/cm ²)	25

【0258】

なお実験ではメッキ浴温度を 25℃～30℃に設定した。またメッキ浴の pH を 3.0～4.0 に設定した。またアノード側の電極には Ni 電極を用いた。（ご確認下さい）なお、メッキ形成はデューティ比（ON/OFF）300/700 msec のパルス電流を用いて行った。

【0259】

図 17 に上部コア層 36 の頭頂部において下面から上面にかけて FeNiRe 合金の組成を調べた結果を示し、図 18 に上部コア層 36 の先端面において下面から上面にかけて FeNiRe 合金の組成を調べた結果を示す。なお、試料は、上部コア層 36 のトラック幅方向中心部（図 1 に示された一点鎖線）から採取した。

【0260】

図 17 及び図 18 のいずれにおいても、下面側から上面側に向かうにつれて FeNiRe 合金中の Re の質量%濃度が連続的に上昇している一方、Fe の質量%比は、下面側から上面側にかけてあまり変化しない。

【0261】

すなわち、上面における（Fe の質量%濃度－Re の質量%濃度）の値が、下面における（Fe の質量%濃度－Re の質量%濃度）の値より小さくなっている。

【0262】

FeNiRe 合金の（Fe の質量%濃度－Re の質量%濃度）の値が大きくなると、Fe 元素の組成比率が高くなって、飽和磁束密度 Bs が大きくなる。一方

、(Feの質量%濃度-Reの質量%濃度)の値が小さくなると、FeNiRe合金中のX元素の組成比率が高くなって、比抵抗 ρ が大きくなり、飽和磁束密度Bsが小さくなる。

【0263】

従って、上部コア層36の下面では、FeNiRe合金中のFe元素の組成比率が高くなって、飽和磁束密度Bsが大きくなる。一方、上面では、FeNiRe合金中のRe元素の組成比率が高くなって、比抵抗 ρ が大きくなり、飽和磁束密度Bsが小さくなる。

【0264】

このように、上部コア層36はコイル層38に近い下面部分、すなわち最短磁路経路の部分の飽和磁束密度Bsが高くなっており、オーバーライト特性を向上させることができる。そして、上部コア層36上面で比抵抗 ρ を大きくして記録信号の高周波化対応を促進することが可能になっている。

【0265】

しかも、上部コア層36を単層構造としても、上部コア層36を形成しているFeNiRe合金の(Feの質量%濃度-X元素の質量%濃度)の値を上部コア層の内部で変化させることができる。従って、上部コア層が、異なる磁性材料からなる複数の磁性層からなるもののよう、積層界面で磁束の流れが乱れることがない。

【0266】

なお、上部コア層をFeNiMo合金でメッキ形成したときにも、(Feの質量%濃度-Mo元素の質量%濃度)の値を、下面より上面の方が小さくなるようにできる。

【0267】

以上本発明をその好ましい実施例に関して述べたが、本発明の範囲から逸脱しない範囲で様々な変更を加えることができる。

【0268】

なお、上述した実施例はあくまでも例示であり、本発明の特許請求の範囲を限定するものではない。

【0269】

【発明の効果】

以上詳細に説明した本発明では、前記上部コア層の（Feの質量%濃度－X元素の質量%濃度）の値（濃度差）が、コア先部又は立ち上がり部内の任意の前方位置での膜厚中心よりも、同じく前方位置よりも奥側に位置する任意の後方位置での膜厚中心の方で小さくなっている。

【0270】

従って、本発明の磁気ヘッドの前記上部コア層は、前記上部磁極層との先端面に近いところでは飽和磁束密度 B_s が大きく、前記上部コア層の前記先端面から後方に離れた場所では比抵抗 ρ が大きくなる。これによって、オーバーライト特性を向上させ、なおかつ記録信号の高周波化対応を促進することができる。

【0271】

しかも、本発明では、前記上部コア層が単層構造であっても、上部コア層を形成している前記FeNiX合金の（Feの質量%濃度－X元素の質量%濃度）の値を上部コア層の内部で変化させることができる。従って、前記上部コア層が、異なる磁性材料からなる複数の磁性層からなるもののよう、積層界面で磁束の流れが乱れることがない。

【0272】

また、本発明では、前記上部コア層の頭頂部における膜厚を、前記上部コア層の先端面における膜厚より小さくすることができる。すなわち、前記上部コア層の先端面から離れた場所の膜厚を薄くして抵抗値を大きくすることによって渦電流損失を低減し、記録特性に大きな影響を及ぼす上部磁極層との先端面付近の膜厚を厚く維持してオーバーライト特性の低下を抑えることができる。

また、上部コア層の下面では、FeNiX合金中のFe元素の組成比率を高くし、上面では、X元素の組成比率を高くすることによって、上部コア層のコイル層に近い下面部分、すなわち最短磁路経路の部分の飽和磁束密度 B_s を高くして、オーバーライト特性を向上させることができる。そして、上部コア層上面付近で比抵抗 ρ を大きくして記録信号の高周波化対応を促進することが可能になっている。

【図面の簡単な説明】**【図 1】**

本発明の磁気ヘッドの第 1 の実施の形態の正面図、

【図 2】

本発明の磁気ヘッドの第 1 の実施の形態の縦断面図、

【図 3】

本発明の磁気ヘッドの第 1 の実施の形態の上部コア層の上面図、

【図 4】

本発明の磁気ヘッドの第 2 の実施の形態の正面図、

【図 5】

本発明の磁気ヘッドの第 2 の実施の形態の縦断面図、

【図 6】

本発明の磁気ヘッドの第 3 の実施の形態の縦断面図、

【図 7】

本発明の磁気ヘッドの第 4 の実施の形態の縦断面図、

【図 8】

本発明の磁気ヘッドの上部コア層の先端面からの距離と組成の関係を示すグラフ

【図 9】

本発明の磁気ヘッドの上部コア層の先端面からの距離と組成の関係を示すグラフ

【図 10】

本発明の磁気ヘッドの上部コア層の先端面からの距離と組成の関係を示すグラフ

【図 11】

本発明の磁気ヘッドの上部コア層の先端面からの距離と組成の関係を示すグラフ

【図 12】

本発明の磁気ヘッドの上部コア層のメッキ成膜速度と、先端面と頭頂部の Fe 濃

度差及び R_e 濃度差との関係を示すグラフ、

【図 13】

上部コア層のメッキ成膜電流の大きさとメッキ成膜速度の関係を示すグラフ、

【図 14】

本発明の磁気ヘッドの上部コア層のメッキ成膜速度と、先端面と頭頂部の飽和磁束密度差との関係を示すグラフ、

【図 15】

本発明の磁気ヘッドの上部コア層のメッキ成膜速度と、先端面と頭頂部の比抵抗差との関係を示すグラフ、

【図 16】

本発明の磁気ヘッドの上部コア層のメッキ成膜速度と、上部コア層の先端部と頭頂部の膜厚差の関係を示すグラフ、

【図 17】

本発明の磁気ヘッドの上部コア層の頭頂部における膜厚方向の組成変化を示すグラフ、

【図 18】

本発明の磁気ヘッドの上部コア層の先端部における膜厚方向の組成変化を示すグラフ、

【図 19】

従来の磁気ヘッドの第 1 の実施の形態の縦断面図、

【符号の説明】

- 21 スライダ
- 25 磁気抵抗効果素子
- 30 下部コア層（上部シールド層）
- 31 Gd 決め層
- 32 磁極部
- 33 下部磁極層
- 34 ギャップ層
- 35 上部磁極層

3 6 上部コア層

3 6 a 先端部

3 6 b 基端部

3 6 c 先端面

3 6 d 頭頂部

3 7 絶縁層

3 8 コイル層

3 9 コイル絶縁層

A 前方部

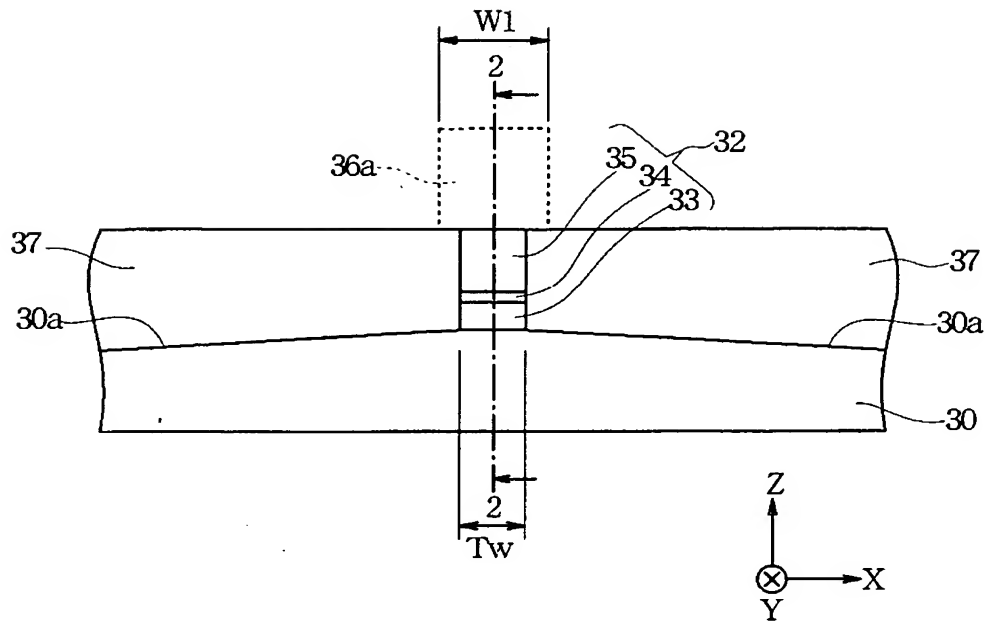
B 中間部

C 後方部

【書類名】 図面

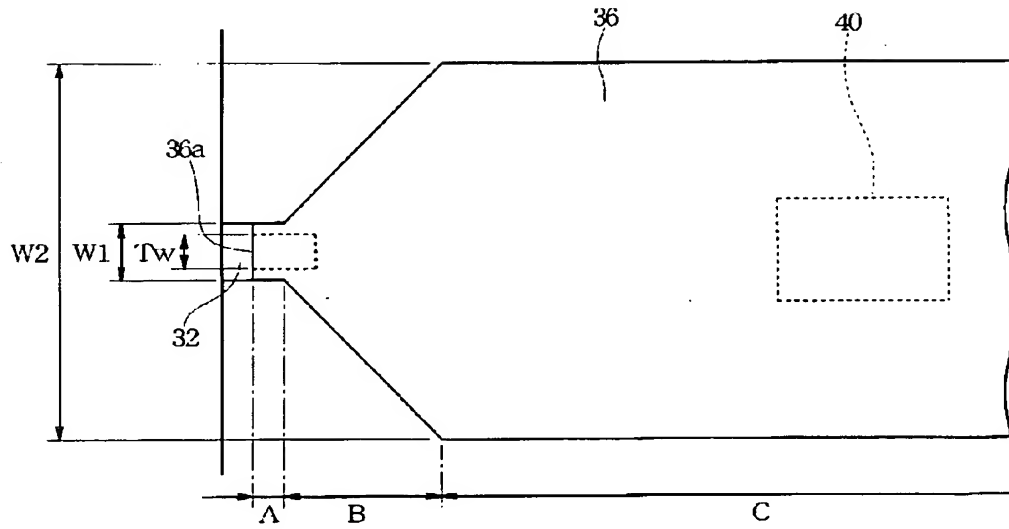
【図 1】

図 1



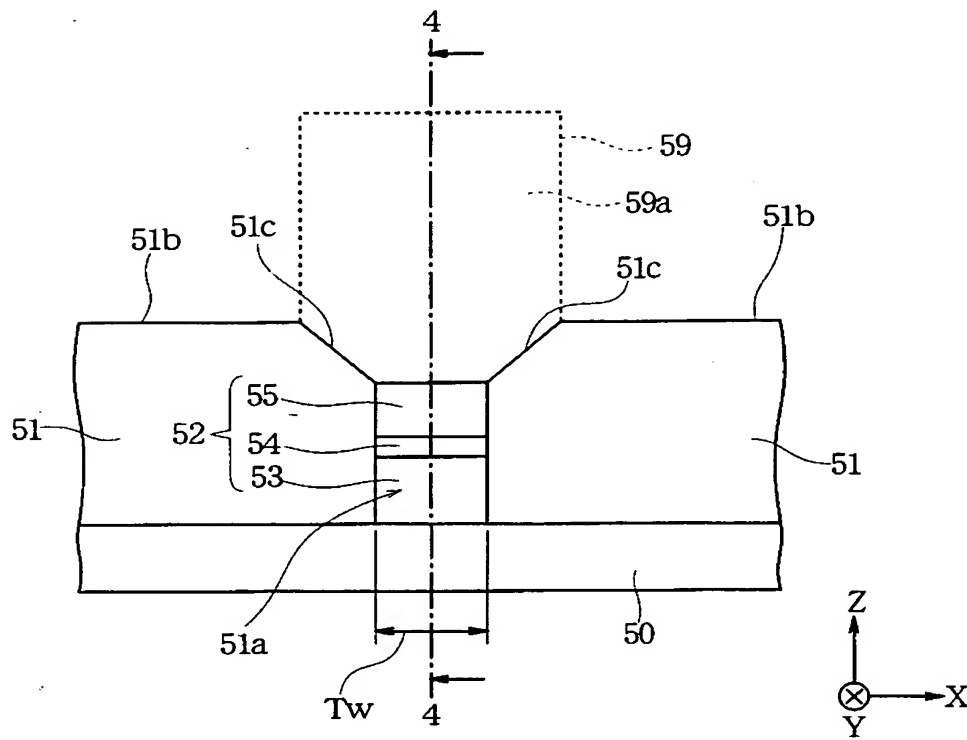
【図 3】

図 3



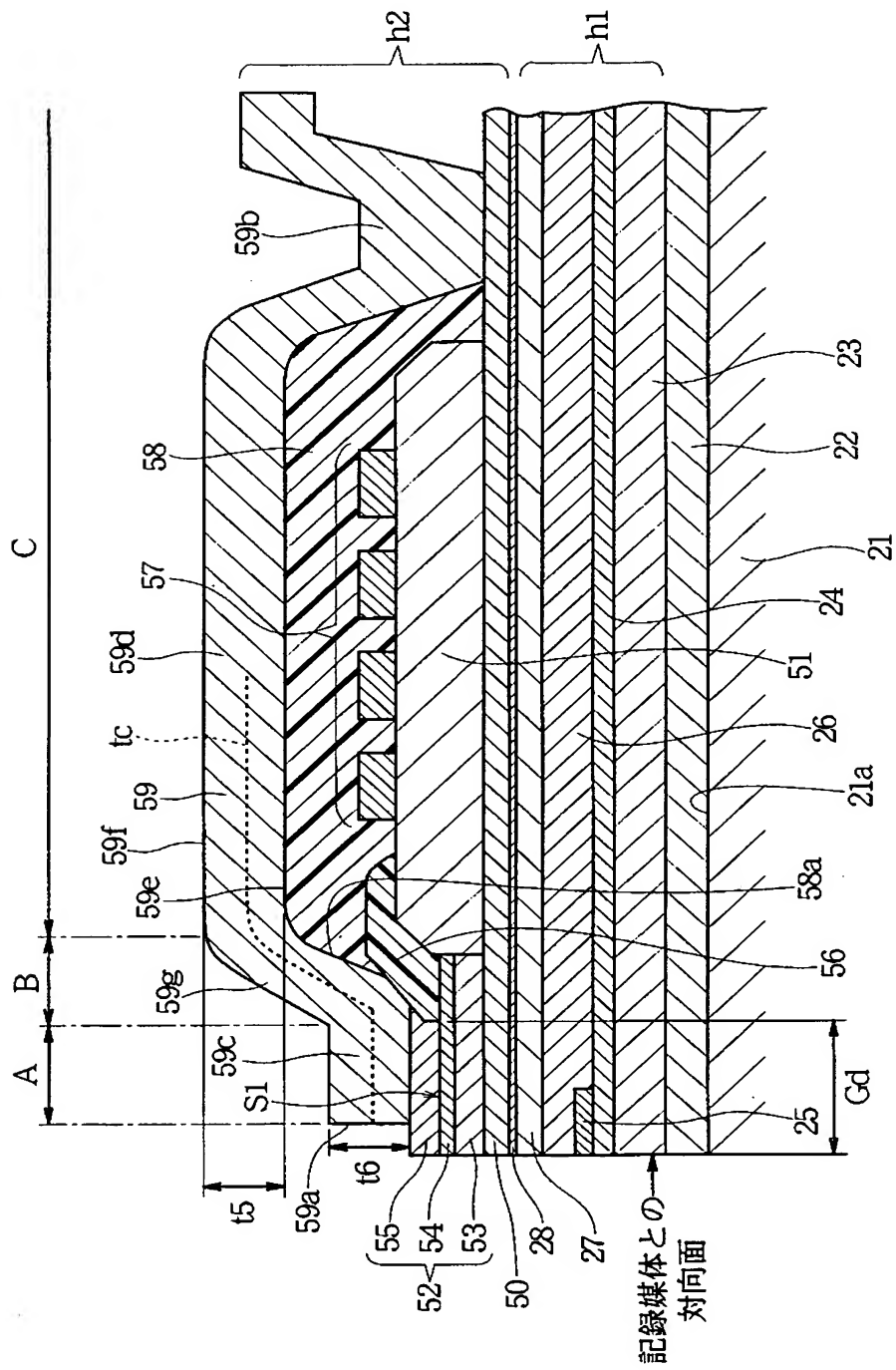
【図 4】

図 4



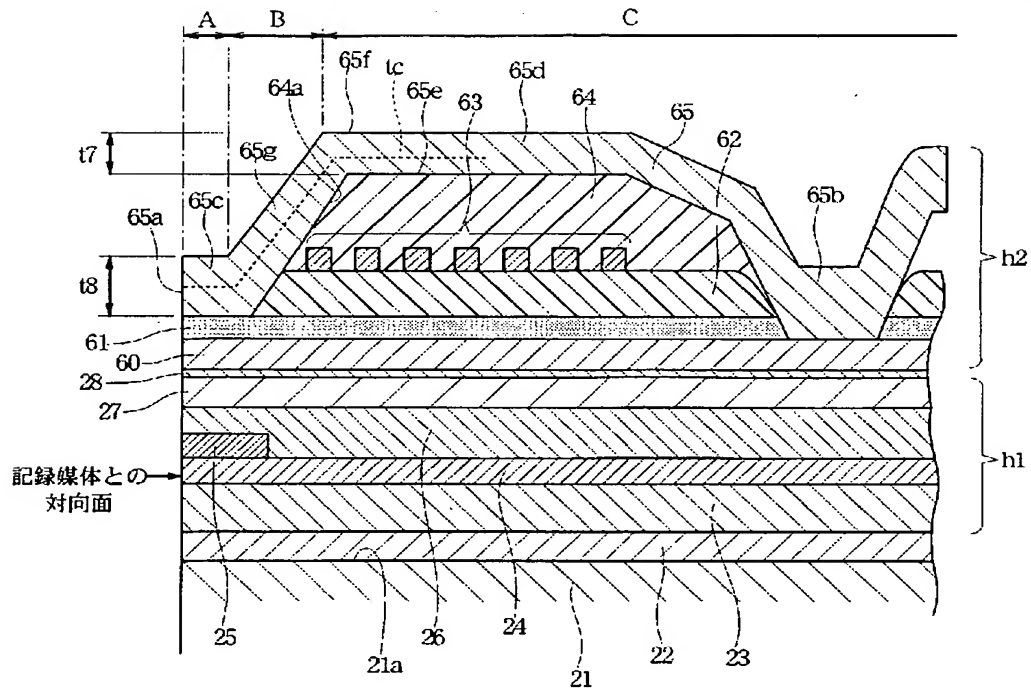
【図 5】

図 5

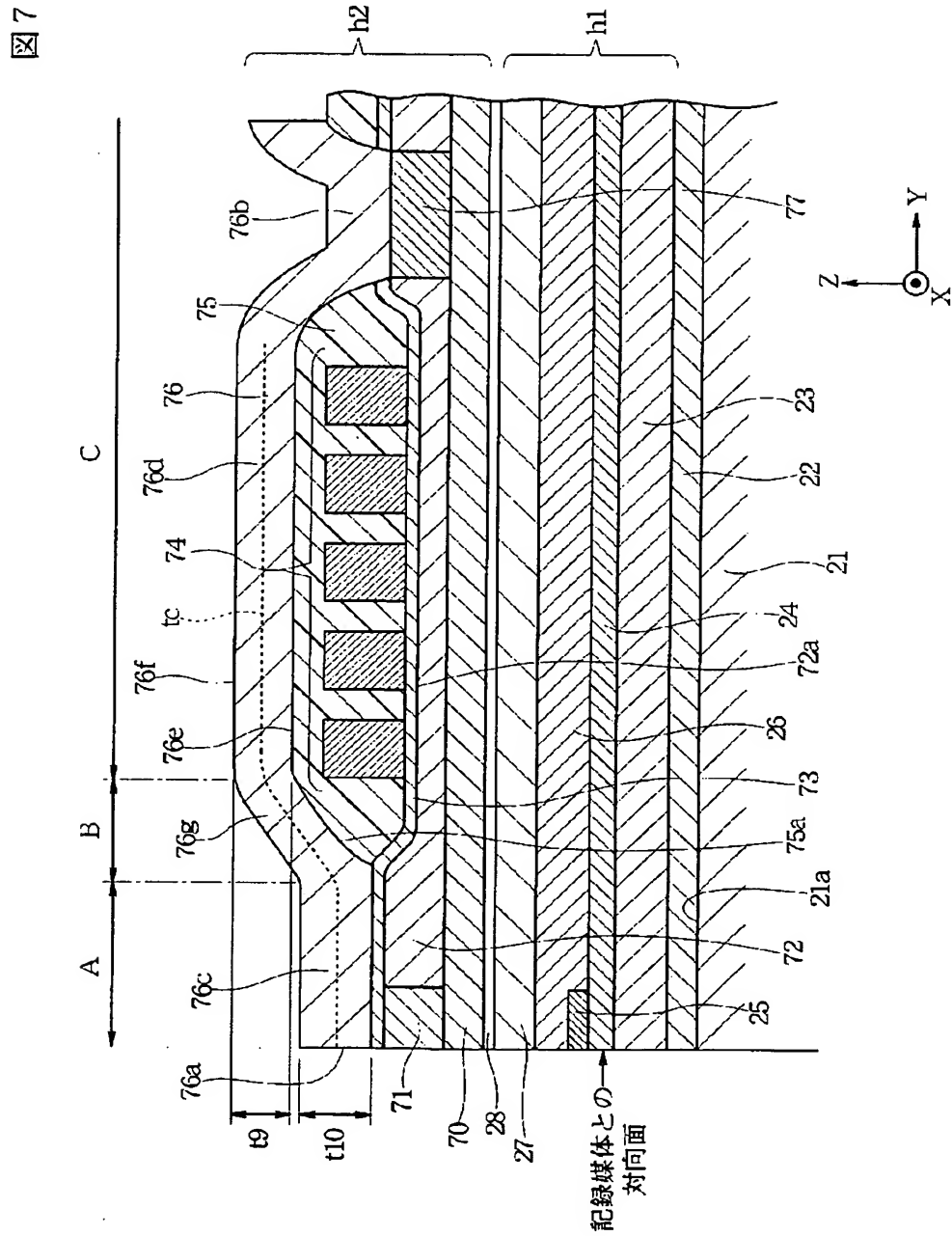


【図 6】

図 6

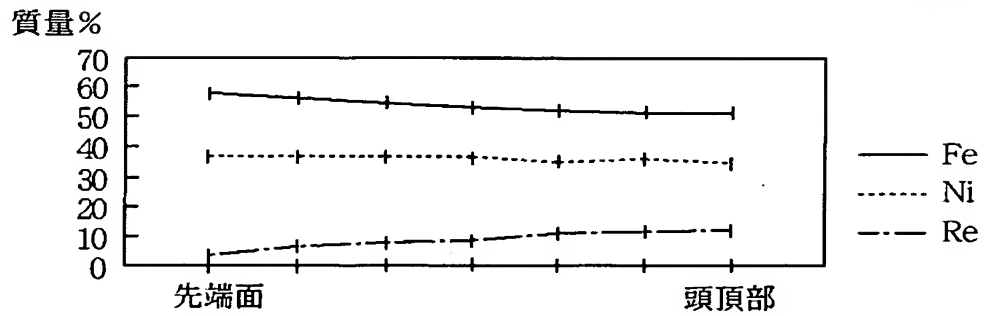


【図 7】



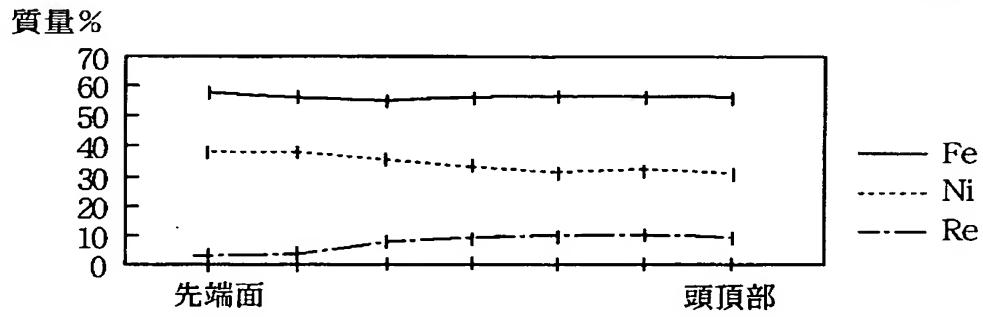
【図 8】

図 8



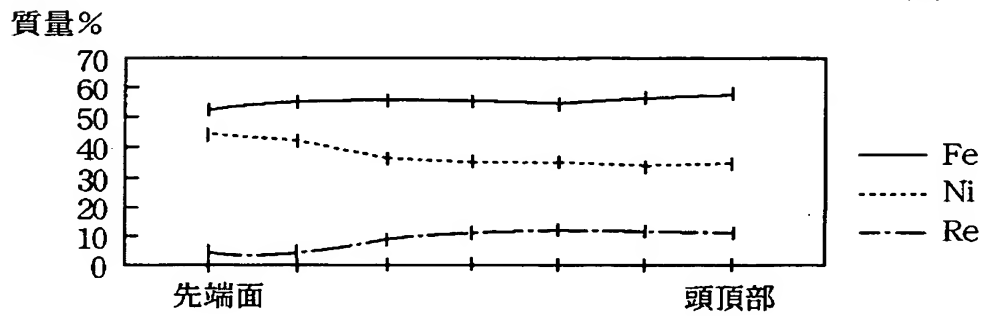
【図 9】

図 9

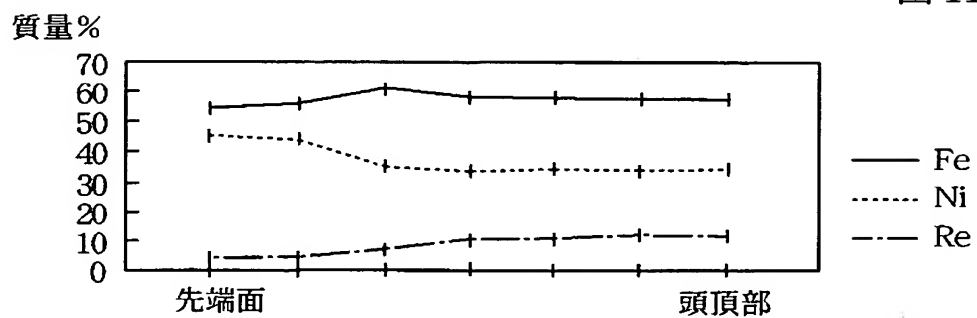


【図 10】

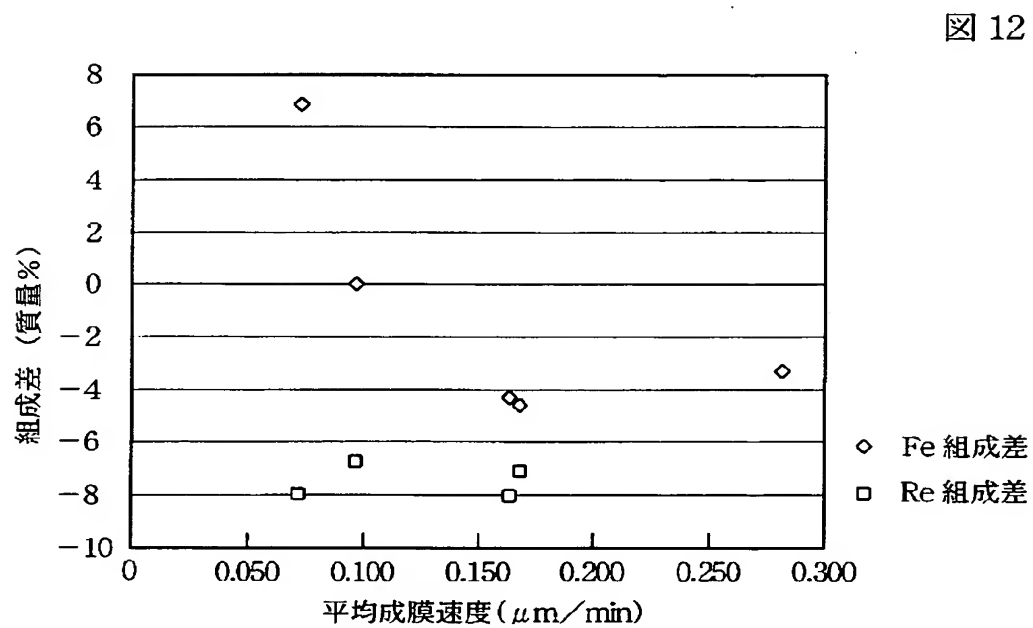
図 10



【図 11】

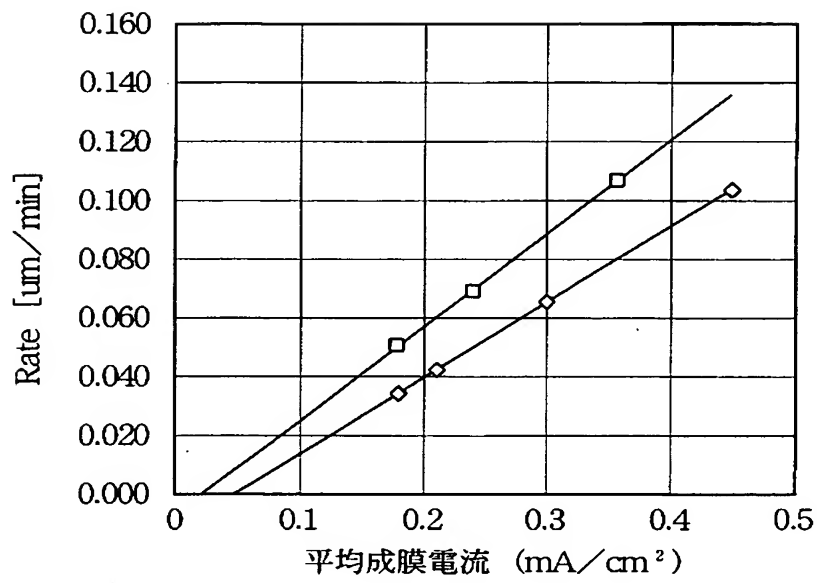


【図 12】



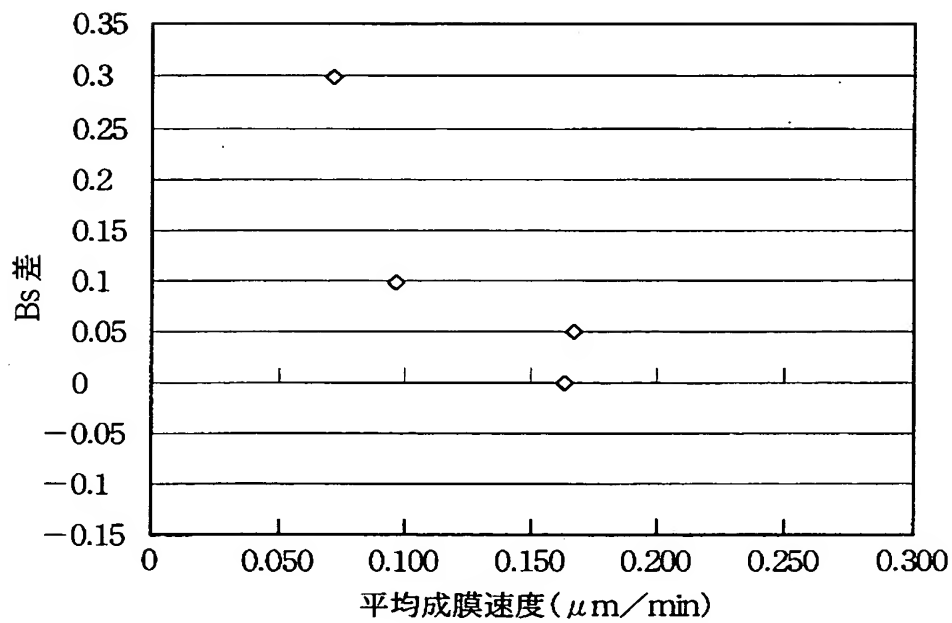
【図 13】

図 13



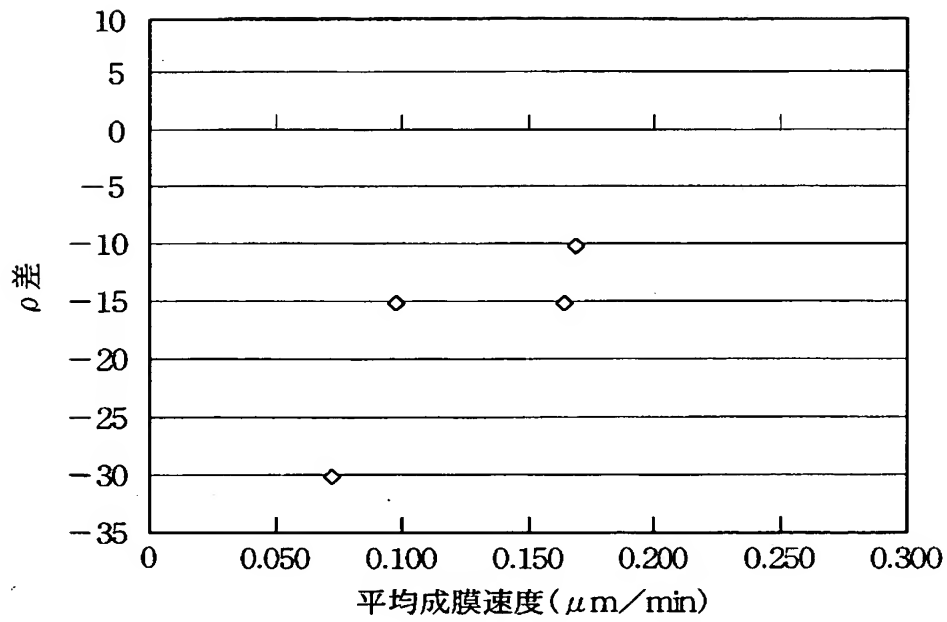
【図 14】

図 14



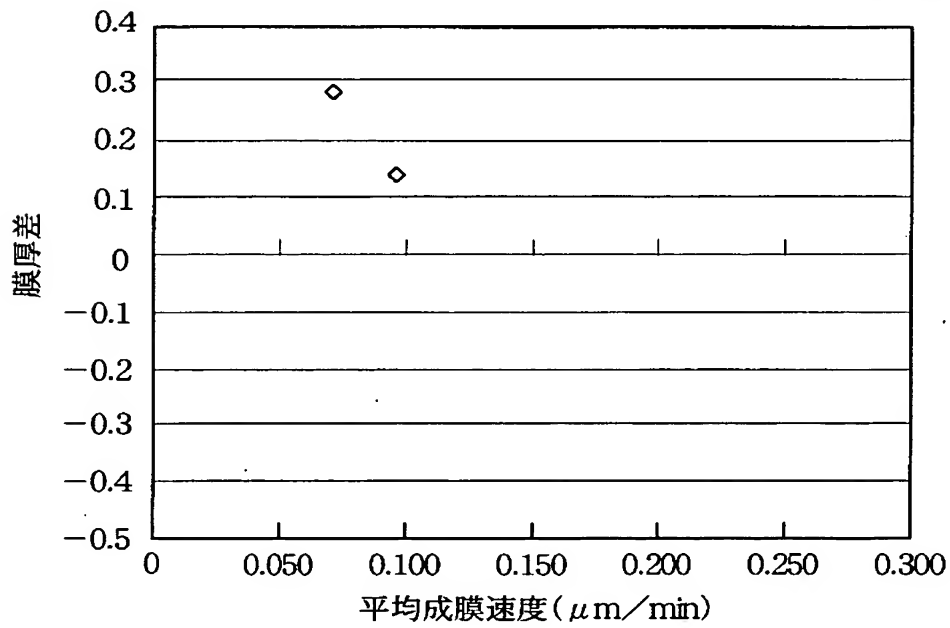
【図 15】

図 15



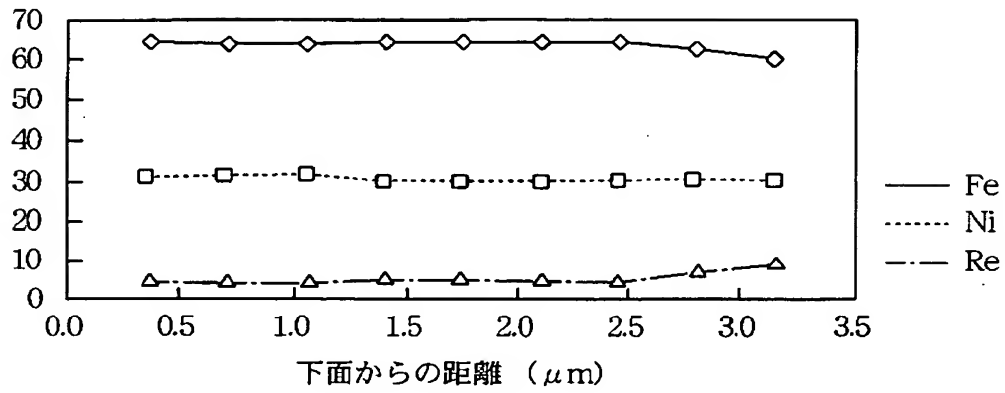
【図 16】

図 16



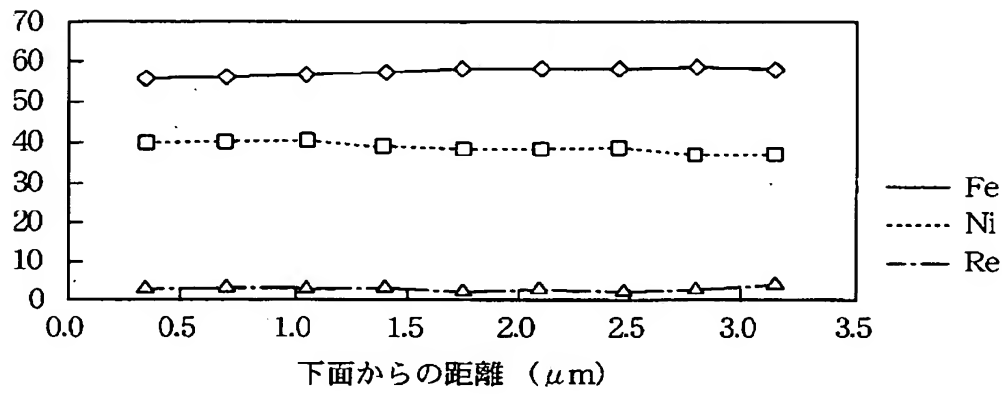
【図 17】

図 17



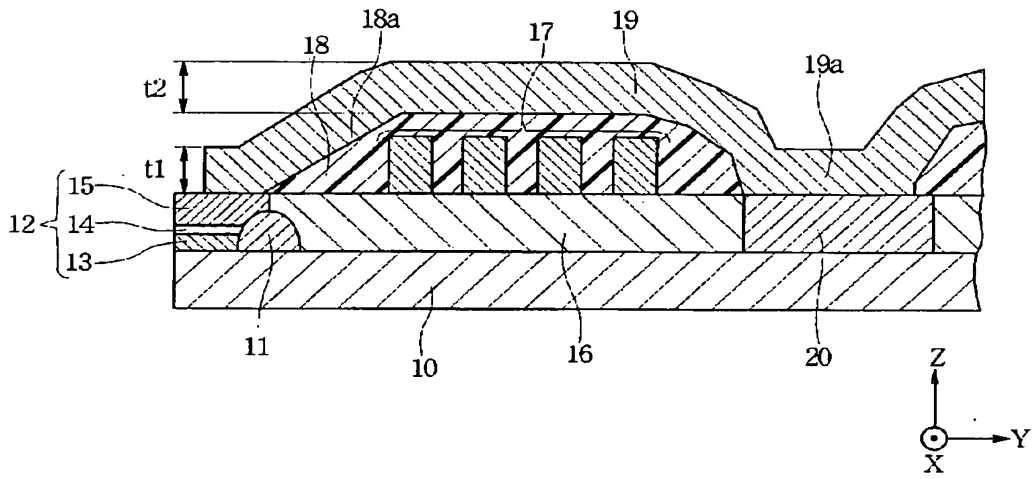
【図 18】

図 18



【図 19】

図 19





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 オーバーライト特性の低下を防ぎつつ、記録信号の高周波化対応を促進することのできる磁気ヘッドを提供する。

【解決手段】 上部コア層 36 を FeNiX 合金（ただし X 元素は Re または Mo）で形成し、上部コア層 36 の先端面 36a における上部コア層 36 の（Fe の質量%濃度－X 元素の質量%濃度）の値を、上部コア層 36 の先端面 36a より任意の後方位置における（Fe の質量%濃度－X 元素の質量%濃度）の値より大きくする。これにより、インダクティブヘッドのオーバーライト特性を向上させ、なおかつ記録信号の高周波化対応を促進できる。

【選択図】 図 2

特願 2 0 0 2 - 3 0 0 3 8 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 1 0 0 9 8]

1 . 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 7 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号

氏 名

アルプス電気株式会社